

Universidad Politécnica
de Cartagena



Escuela de Arquitectura
e Ingeniería de Edificación

ARQUITECTURA TÉCNICA

PROYECTO FIN DE CARRERA

ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE MODELOS DE CONSTRUCCIÓN LOW COST EN EDIFICACIÓN

AUTORA: IRENE MÁRMOL ASÍS

DIRECTOR: JULIÁN PÉREZ NAVARRO

CARTAGENA, ENERO 2014

PROYECTO FINAL DE CARRERA DE ARQUITECTURA TÉCNICA
ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE MODELOS DE CONSTRUCCIÓN LOW COST EN EDIFICACIÓN
AUTORA: IRENE MÁRMOL ASÍS- DTOR.: JULIÁN PÉREZ NAVARRO



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
DE CARTAGENA



ESCUELA DE ARQUITECTURA E
INGENIERÍA DE EDIFICACIÓN



**ANÁLISIS Y APLICACIÓN DE MODELOS
DE CONSTRUCCIÓN LOW COST EN EDIFICACIÓN**

PROYECTO FINAL DE CARRERA
ARQUITECTURA TÉCNICA

Curso 2012/2013

Autora: Irene Mármol Asís

Director: Julián Pérez Navarro

Cartagena, Enero de 2014

***A quienes confiasteis
en que este día llegaría.
Gracias.***

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Objetivos	11
1.1.1. Objetivos principales.....	11
1.1.2. Objetivos secundarios	12
1.2. Justificación y contexto	13
1.3. Metodología y plan de trabajo.....	15
1.4. Agradecimientos.....	17
 2. LOW COST	 19
2.1. Concepto general	21
2.2. Análisis de estrategias low cost en otros sectores	23
2.2.1. Aerolíneas	23
2.2.2. Automóvil.....	25
2.2.3. Hostelería	25
2.2.4. Alimentación	26
2.2.5. Conclusiones de las características comunes en la política low cost	27
2.3. ¿Cuál debería ser la filosofía low cost en edificación?	29
2.3.1. Antecedentes.....	29
2.3.1.1. “Cinco puntos de una nueva arquitectura” (Le Corbusier)	29
2.3.1.2. Case Study House nº8 (Eames).....	34
2.3.2. ¿Por qué resurge esta filosofía en la actualidad?	37
2.3.3. Concepto low cost en edificación.....	39
2.3.3.1. Cimentación y estructura.....	41
2.3.3.2. Cerramientos de fachada y cubiertas	42
2.3.3.3. Tabiquería interior, revestimientos, pavimentos y falsos techos	45

2.3.3.4. Carpinterías.....	49
2.3.3.5. Instalaciones	49
2.3.4. Concepto “do it yourself” en edificación	51
3. DESARROLLO.....	53
3.1. Prefabricación e industrialización. Diferenciación de conceptos	55
3.2. Caso 1.- Estudio y análisis de la propuesta de Compact Habit: <i>Proyecto 57 viviendas universitarias en el Campus de la ETSAV de Sant Cugat del Vallès (Barcelona)</i>	58
3.2.1. Definición Sistema eMii de Compact Habit	58
3.2.2. Descripción del proyecto susceptible de estudio.....	71
3.2.2.1. Descripción general.....	71
3.2.2.2. Proceso de ejecución	75
3.2.2.3. Soluciones low cost empleadas.....	82
3.2.2.4. Impacto medioambiental. Sostenibilidad	86
3.2.2.5. Cuadro resumen.....	88
3.3. Caso 2.- Estudio y análisis de la propuesta de Obox Housing: <i>Proyecto Básico y de Ejecución Edificio de Fábrica de Módulos Prefabricados de Hormigón en Illescas (Toledo)</i>	90
3.3.1. Definición Sistema Obox	90
3.3.2. Descripción del proyecto susceptible de estudio.....	103
3.3.2.1. Descripción general.....	103
3.3.2.2. Proceso de ejecución	105
3.3.2.3. Impacto medioambiental. Sostenibilidad	111
3.3.2.4. Cuadro resumen.....	112
3.4. Análisis de los modelos de construcción low cost estudiados.....	114
3.5. Caso 3.- Propuesta de actuación: Combinación de sistemas de construcción tradicional con otros de construcción prefabricada incorporando elementos low cost ...	117

3.5.1. Cimentación y estructura	117
3.5.2. Cerramientos de fachada y cubiertas	118
3.5.3. Tabiquería interior, revestimientos, pavimentos y falsos techos	120
3.5.4. Carpinterías.....	123
3.5.5. Instalaciones.....	125
3.5.6. Aplicación real de la filosofía “do it your self”.....	126
3.5. Resultados de la aplicación de modelos de construcción low cost en edificación	131
4. CONCLUSIONES.....	135
5. ANEXOS	141
5.1. Recopilación de empresas nacionales especializadas en construcción prefabricada y/o modular	143
5.2. Anexo Caso Estudio 1	152
5.3. Anexo Caso Estudio 2	166
5.4. Anexo Propuesta de Actuación.....	169
6. BIBLIOGRAFÍA.....	177
6.1. Documentación escrita	179
6.2. Documentación gráfica	184

1.INTRODUCCIÓN

- 2. LOW COST
- 3. DESARROLLO
- 4. CONCLUSIONES
- 5. ANEXOS
- 6. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos principales

- 1) Dada la actual crisis económica que se vive en general y, en el sector de la construcción en particular, parece necesario –más que oportuno– analizar las bases de las políticas *low cost* en diferentes sectores y su extrapolación a la edificación como una oportunidad para:
 - cambiar el modelo tradicional de edificación por otro que se adapte a las necesidades reales presentes y futuras;
 - facilitar el acceso a una vivienda digna tal y como establece el Art. 47 de la Constitución Española¹, abaratando el precio final de la vivienda gracias a la disminución de costes como consecuencia, de la estandarización del producto y la reducción de los tiempos de ejecución, fundamentalmente.
- 2) Estudiar algunos de los sistemas modulares prefabricados y/o industrializados que existen en nuestro país con los que se están desarrollando nuevos sistemas de ejecución de edificios.
- 3) Analizar proyectos reales de edificación modular industrializada que se hayan ejecutado con lo que se intenta un cambio de modelo cuyo fin es mejorar la calidad, reducir tiempos de ejecución y abaratar costes.
- 4) Realizar una propuesta de actuación propia basada en una estructura de hormigón armado con luces optimizadas a la que se le incorporan elementos prefabricados y otros que permiten la posibilidad de interacción de los propietarios de acuerdo a sus necesidades presentes o futuras.

Para el desarrollo de estos objetivos se hace una descripción en cada uno de los apartados de los elementos que lo componen, analizando las ventajas e inconvenientes de los distintos sistemas. Además, se incluyen las imágenes, ilustraciones, cuadros, etc. necesarios para su mejor comprensión.

¹ **Artículo 47 Constitución Española**

Todos los españoles tienen derecho a disfrutar de una vivienda digna y adecuada. Los poderes públicos promoverán las condiciones necesarias y establecerán las normas pertinentes para hacer efectivo este derecho, regulando la utilización del suelo de acuerdo con el interés general para impedir la especulación. La comunidad participará en las plusvalías que genere la acción urbanística de los entes públicos.

1.1.2. Objetivos secundarios

- 1) Realizar un listado de empresas que trabajen con elementos prefabricados y/o industrializados con el objeto de facilitar a los profesionales interesados cómo se está desarrollando esta iniciativa en el sector de la construcción en nuestro país.
- 2) Establecer contacto con algunas de las empresas de dicho listado, no sólo para solicitar la documentación necesaria para realizar el estudio del presente proyecto, sino para que las empresas vean el interés que existe por los profesionales del sector y sientan motivación para seguir investigando y desarrollando estas nuevas fórmulas.

1.2. Justificación y contexto

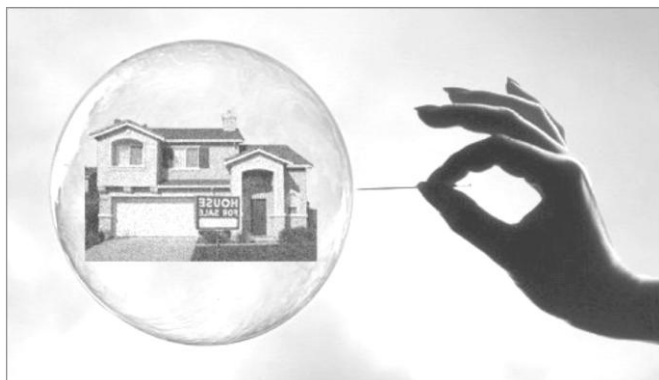


Imagen 1

El sector de la construcción es un sector de mucha importancia por el “efecto dominó” que supone para otros que dependen de él y que, pese a su crecimiento por el “boom inmobiliario” que llegó a durar una década (1997-2007/2008), afectó tanto a los precios como al volumen construido, no fue explotado –y explorado– desde un punto de vista de I+D+i.

Dado el marco contextual, la necesidad imperiosa de que se produzca un cambio por la actual situación económica tan grave y prolongada que atraviesa en general el país y, en concreto, este sector, es importante mejorar lo existente e innovar para ser más competitivos: mejorar la productividad reduciendo costes y produciendo más con menos. Esta reducción de costes hay que plantearla tanto para todo el ciclo de vida de una edificación, desde su diseño a su demolición pasando por todos y cada uno de los procesos constructivos (fabricación de piezas y elementos, ejecución y construcción, uso, mantenimiento y reparación/reforma...) como en la reducción de consumos energéticos.

Actualmente se está apostando por un modelo de prefabricación. Es una fuente importante de innovación para la reducción de dichos costes. La disminución de los tiempos de ejecución en obra (de hasta un 75%) gracias al uso de sistemas modulares y prefabricados repercute directamente en la mejora de la calidad mediante sistemas de control en taller y obra más eficientes, así como el ahorro en costes fijos al no haber cambios en el presupuesto original durante el procesos de producción e incluso la reducción de accidentes laborales.

No obstante, el presente trabajo no busca estudiar la prefabricación en sí misma de la vivienda. Por tanto, se pretende hacer un estudio de los elementos “no estrictamente necesarios” que incorpora una vivienda tradicional y que puedan ser eliminados y modificados (o sustituidos por otros más económicos, como pueden ser los prefabricados) de manera que el precio final de la vivienda sea menor sin perder calidad.

Se trata pues del desarrollo de una vivienda que, cumpliendo la normativa vigente en edificación, contenga lo imprescindible para conseguir el menor coste y que permita al usuario la implementación de nuevas divisiones, instalaciones, acabados, etc. De esta manera se consigue optimar los plazos, costes y calidad.

1.3. Metodología y plan de trabajo

Para el desarrollo de este proyecto final de carrera se ha seguido un plan de trabajo dividido en las siguientes fases:

FASE 1

Formulación

- Análisis de la problemática actual.
- Delimitación temática.
- Planteamiento de los objetivos del proyecto.

FASE 2

Investigación

- Recopilación de empresas nacionales especializadas en construcción prefabricada y elaboración de un listado a partir de dicha recopilación.
- Contacto con empresas y/o personas físicas solicitando información, documentación, proyectos ejecutados, futuros proyectos, etc.
- Recopilación de documentación e información necesaria para el desarrollo del proyecto anotando fuentes de información y fecha de consulta.

FASE 3

Análisis

- Selección de empresas y proyectos para su análisis.
- Vaciado de de información y selección de la documentación más notable y destacable como punto de partida.
- Análisis de la documentación seleccionada.

FASE 4

Trabajo de campo

- Estudio detallado del Proyecto de 57 viviendas universitarias en el Campus de la ETSAV de Sant Cugat del Vallès (Barcelona) proporcionado directamente por Xavier Ros Majó Arquitecto de HARquitectes SL.
- Contrastar y ampliar la información aportada por Xavier Ros Majó con la de la constructora/ promotora partícipe en el proyecto: Compact Habit.
- Sintetizar información recopilada.

- Recopilación de información del Sistema Obox a partir de su página Web.
- Visitar estudio Obox y recopilar información directamente de los compañeros integrantes del mismo.
- Sintetizar información recopilada.

FASE 5

Presentación

- Redacción de las conclusiones tras la investigación
- Maquetación del Proyecto
- Exposición final

1.4. Agradecimientos

A mi padre, por confiar siempre en mí. Por enseñarme a abrir nuevos caminos cuando uno se cierra. Por transmitirme su motivación, sabiduría y conocimiento.

A mi madre, por su apoyo incondicional. Por estar siempre ahí y dedicarme todo su tiempo en los momentos más difíciles.

A Javi, a mis hermanos y a cada uno de mis amigos, que tanto me aportan cada día.

A toda mi familia, por confiar en que algún día sería Arquitecto Técnico. A mi abuelo, mi gran maestro, quien su entusiasmo y amor por la ejecución de obra ha dado lugar a que dos generaciones hayan sentido su mismo interés por formar parte de la *Ejecución* en obra, la *Construcción*, la *Arquitectura*.

A Julián Pérez Navarro, profesor de la escuela de ARQUIDE y tutor de mi PFC, por toda su confianza y dedicación.

A Xavier Ros Majó, de H Arquitectes SL, por compartir la documentación relativa al Proyecto VPO Residencial Universitario de la ETSAV en el campus de Sant Cugat como arquitecto partícipe en el proyecto, y sin la cual este proyecto habría perdido parte de su esencia.

A todos y cada uno de los miembros de Obox Housing, por darme la oportunidad de conocerlos personalmente, de conocer su estudio "Anton Arquitectos". Por aportarme toda la documentación solicitada, por responder a mis llamadas y emails. Por ofrecerme una entrevista y resolver mis dudas.

A Albert Espinalt Romero, Director de Marketing y Ventas de Compact Habit, por su colaboración.

A todos, gracias.

1. INTRODUCCIÓN

2. LOW COST

3. DESARROLLO

4. CONCLUSIONES

5. ANEXOS

6. BIBLIOGRAFÍA

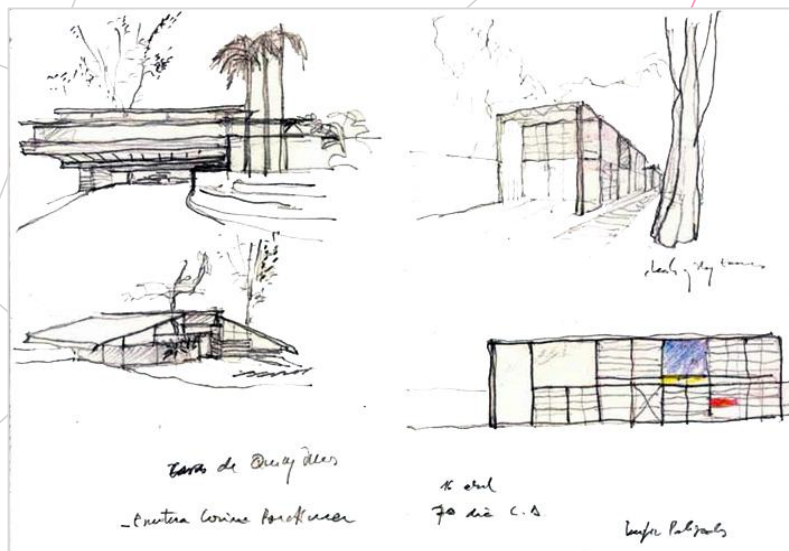
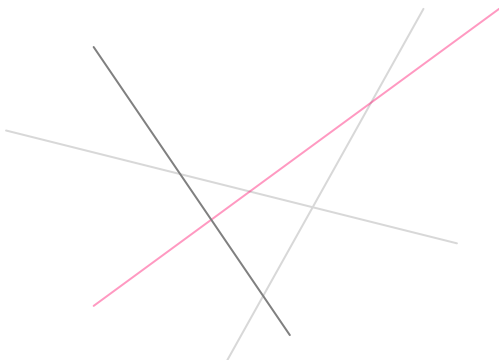


Imagen 2



2.1. Concepto general

Las estrategias de bajo coste han cobrado mucha relevancia a partir del éxito de grandes compañías como *Ikea*, *Ryanair*, *Easy Jet*... y que, ante un periodo económico de recesión, su éxito se está garantizando.

Tener una estrategia de bajo coste significa conseguir una estructura de costes lo más reducida posible; la más sencilla, ligera o mínima, lo cual implica una reconfiguración de cómo se hacen todas las actividades para poder soportar los reducidos costes.

Los costes se convierten en la primera batalla para cualquier empresa (sea del sector que sea) y su continua reducción es la primera batalla en la estrategia de bajo coste. Tal es el control que se tiene sobre los costes que la austeridad es el lema principal.

“Ofrecer el servicio principal al mejor precio pero sin que su percepción de calidad se vea

Una estrategia de bajo coste implica reconfigurar todas las actividades de la empresa para poder soportar los reducidos precios. El peligro reside en entender que una estrategia de bajo coste es una estrategia de reducción de servicios cuando no se trata de eso. No podemos intentar una estrategia de bajo coste tan solo reduciendo los servicios añadidos a nuestros productos sino reconfigurando todo el flujo de servicio para reducir los costes allí donde se pueda y lograr un precio final mucho más ajustado. Se trata de **ofrecer el servicio principal al mejor precio pero sin que su percepción de calidad se vea dañada.**

No es lo mismo abordar el mercado a través de bajar el precio que desarrollar una estrategia orientada al precio.

El low cost como estrategia empresarial tiene una larga historia cuyo inicio podría situarse en la experiencia de la aerolínea *Southwest* a principios de los 70 y creada para atender en sus inicios a tres ciudades en Texas.

Desde entonces, varias empresas de diferentes sectores han optado por plantear su negocio con las premisas de producto/servicio reducido a lo esencial, reducción al máximo de todos los costes a lo largo de la cadena, algún atributo de diferenciación respecto de los competidores. Todo ello repercutido en precios bajos o muy bajos.

En los últimos años, especialmente como consecuencia de la crisis económica, se ha hecho un uso excesivo del término low cost, utilizándolo sin que necesariamente se ajuste al concepto de gestión expuesto, simplemente por motivos de modas. Las palabras low cost, se han convertido en un reclamo para atraer clientes en búsqueda de precios bajos,

habiendo detrás de estas palabras unas rebajas, unos descuentos, o efectivamente una estrategia de empresa clara.

Por lo tanto, **¿qué entendemos por low cost?** La mayoría de los consumidores lo asocian a precios bajos, y siendo esto verdad, no deja de ser la consecuencia de una *estrategia empresarial en la cual su elemento diferencial y, por lo tanto su ventaja competitiva, está en buscar como único objetivo cumplir con “la promesa al consumidor de ser los más baratos del mercado” siendo rentables, sostenibles en el tiempo y no disminuyendo la calidad.*

La cadena de valor de las empresas low cost, está orientada a conseguir su ventaja competitiva, poniendo la mayor parte de sus recursos tanto humanos como económicos y técnicos en potenciar claramente las áreas de la compañía que permitan alcanzar los objetivos.

Es necesario, por tanto, diferenciar las estrategias low cost, de otras utilizations del término que se refieren simplemente a acciones comerciales en precios, y que, si no se apoyan en una estrategia clara y una reestructuración de los costes, pueden malbaratar los márgenes y el posicionamiento de las empresas.

Según Michael Eugene Porter (1947), profesor de la Harvard Business School (HBS) y autoridad global reconocida en temas de estrategia de empresa, se consigue liderazgo en costes:

- **Maximizando los ingresos** de manera que los costes fijos puedan ser absorbidos por el volumen de ventas;
- **Minimizando los costes directos e indirectos de producción:**
 - ofreciendo productos o servicios básicos;
 - limitando la personalización y estandarizando al máximo;
 - restringiendo los salarios altos;
 - reduciendo los costes de alquileres;
 - minimizando costes de distribución y marketing. Con esta estrategia se requiere de sistemas de control que permitan la gestión eficiente de los costes, y de una cultura de concienciación de costes en toda la organización.
- **Gestión eficiente** de las compras, el stock y la cadena de suministro.

2.2. Análisis de estrategias low cost en otros sectores

2.2.1. Aerolíneas

Tal como se comentaba en el capítulo 2 del presente trabajo, se considera el modelo de **Southwest Airlines** iniciado a comienzos de la década de los 70 como el modelo original de low cost en las compañías aéreas.

Algunas de sus características que las diferencian de las compañías tradicionales se ajustan a aquellas estrategias de liderazgo en costes como:

- Flota compuesta de aviones de un único modelo: generalmente el Airbus A320 o el Boeing 737
- Elevada utilización de la flota: 11-12 horas por día
- Única clase de pasajeros: clase turista
- Asientos no numerados
- Eliminación del catering “gratuito” a bordo
- Eliminación del servicio de prensa;
- Cerrar rutas no rentables
- Espacio reducido destinado a los asientos
- Empleados polivalentes en sus funciones
- Reducción de costes de personal
- Precios reducidos con variaciones en función del momento de la compra y de la demanda
- Vuelos a aeropuertos secundarios
- Vuelos cortos y con muchas frecuencias
- Rutas simplificadas, punto a puntos
- Gestión de compras de combustible
- Bajos costes de operación



Imagen 3

Actualmente, **Ryanair** encabeza la lista de compañías aéreas low cost del mercado. Fue fundada en 1985 por Tony Ryan con la intención de romper el duopolio entre Londres e Irlanda que poseían en aquellos momentos British Airways y Aer Lingus.



Imagen 4

El número de pasajeros y rutas continuó incrementándose, pero la compañía entró en números rojos y en 1991 tuvo que reestructurarse para salir de la crisis. Michael O'Leary fue el encargado de hacerla rentable de nuevo. Visitó EEUU para estudiar el modelo usado por Southwest Airlines.

En 2000 lanzó su página de ventas en Internet con intención de reducir aún más los costes y precios vendiendo directamente a los pasajeros, sin las comisiones de las agencias de viajes. También introdujo el billete electrónico en todas sus rutas, dejando de emitir billetes de papel.

En una industria donde la tasa de supervivencia es mínima y donde grandes compañías como American Airlines o Delta Air Lines tienen problemas para obtener beneficios desde los atentados del 11S, el éxito de Ryanair solo es comparable al de otras aerolíneas sin servicio a bordo como Southwest o JetBlue.

En 2005 anunció la compra de 70 Boeing 737 debido a la expectativa en aumento del número de pasajeros. A fin de introducir nuevas reducciones de costes, tanto por precio de avión como en reparación y mantenimiento, los aviones irían entregados sin persianas para las ventanas y con asientos no-reclinables y sin bolsa trasera.

2.2.2. Automóvil

El sector automovilístico es un sector que ha vivido sucesivas crisis a lo largo de su historia. En él se han dado diferentes casos vinculados a la política low cost.

La compañía **Ford Motor Company** fue fundada por Henry Ford en junio de 1903. Fue un visionario de este concepto y supo romper la competitividad del mercado del automóvil diferenciándose con unos bajos precios a costa de sacrificar lo accesorio en aras de lo esencial.

En 1908 se lanzó la primera unidad del modelo Ford T, y, para 1913 contaba con todas las técnicas básicas de línea de producción y producción en masa. El proyecto presentaba grandes innovaciones muy baratas, sencillas y fáciles de reparar (propias del sector y que no corresponde analizar) destinadas al consumo masivo de la familia media estadounidense.

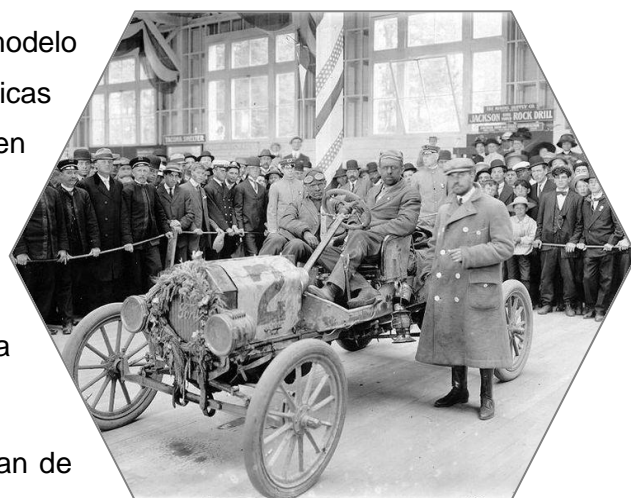


Imagen 5

El primer coche low cost moderno es el Logan de Renault lanzado en año 2004 a partir de un diseño que reducía costes en dos aspectos:

- ✓ Simplificar el número total de componentes
- ✓ Eliminar algunos sistemas electrónicos

Este diseño es un proyecto desarrollado por Renault en Rumanía con proyectos paralelos “Partner Mahindra & Mahindra”.

En este sector se muestra, por tanto, un diseño de cada uno de los componentes y un proceso de innovación en productos, procesos y tecnología que se ajusta hasta hacer viable el precio final deseado desde el momento de su diseño.

2.2.3. Hostelería

En este sector ocurre como en el aéreo. La gestión de las tarifas puede llevar a ofrecer en un momento concreto unos precios bajos o muy bajos cuando se ha requerido ocupación en temporadas bajas, con ofertas, promociones, grupos especiales, etc. Sin embargo, esta

estrategia no coincide con la de low cost, a pesar de que en ocasiones se oferten como tales por cuestiones de moda.

Dentro de lo que si sería estrategia low cost encontramos los “budget hotels” (o lo que es lo mismo, hoteles económicos) en EEUU, precursores de esta filosofía en el sector. Establecen estrategias de liderazgo en reducción de costes; elementos de diferenciación en el diseño; el estilo de decoración; espacio comunes; compra por Internet; ubicación que ya no está necesariamente fuera de las grandes ciudades.

2.2.4. Alimentación

El afán de simplificar todo, hace que se imite sólo lo que es visible. En el caso de las empresas que pretenden ser low cost, bajar los precios no es sostenible en el tiempo, salvo que se ponga en práctica alguna medida de búsqueda constante de la mejora de los procesos que permita una reducción de costes y que pueda ser percibida por los clientes a través de un precio bajo y de mejor calidad.

Este sector es un sector muy competitivo y con márgenes muy pequeños. Se gana vendiendo mucho volumen de producto y ajustando los costes al máximo:

- promociones, descuentos y rebajas continuas;
- presionando a los proveedores: aceptando condiciones de precios y plazos de pago extremadamente duras;
- ofreciendo a sus empleados salarios muy bajos y horarios muy sacrificados.

Mercadona, siguiendo estas prácticas se encontró con que cada año vendía más pero ganaba menos. Es, en ese momento, cuando se decide cambiar de estrategia. Surge, entonces, la política low cost en la cadena, basada fundamentalmente en:

- Definir un único objetivo: satisfacer las necesidades de comestibles, perfumería y droguería.
- Ofrecer siempre precios bajos. Desaparecen las continuas promociones, descuentos, ofertas.

- Ofrecer SPB (Siempre Precio Bajo): Compromiso con los fabricantes y proveedores estableciendo acuerdos a largo plazo ofreciendo a los clientes productos de alta calidad a unos precio más bajos y estables. Reduce costes sin disminuir calidad.



Gráfico 1

2.2.5. Conclusiones de las características comunes en la política low cost

Cada uno de los sectores descritos presenta unos rasgos específicos propios, sin embargo, todos coinciden en que una política low cost debe incluir no solo la parte visual que es la bajada del precio de cara al consumidor.

Habría que destacar:

- 1) Minimización de costes directos e indirectos de producción
- 2) Minimización de los costes de estructura de la organización
- 3) Diferenciación de los atributos del producto/servicio ofrecido: diseño, servicio, tiempos...
- 4) Simplificación e innovación en la producción:
 - i) Producto/servicio básico
 - ii) Esencial
 - iii) Sencillo
 - iv) Material básico
 - v) Mano de obra barata
 - vi) Introducción de nuevas tecnologías que:
 - ❖ Abaratan el proceso
 - ❖ Aseguran calidades deseadas
- 5) Reducción de los costes de distribución
- 6) Mejora de la eficiencia y efectividad gracias a los grandes volúmenes de ventas (o de trabajo)
- 7) Reorientación de otros costes como los alquileres, publicidad y marketing
- 8) Buena gestión de precios
- 9) Buen/excelente sistema de gestión de costes que facilite la planificación y su control estricto eliminando todo aquello que no aporta valor a lo esencial del producto/servicio.

En definitiva, el objetivo es producir a bajo coste y mantener a toda costa los atributos de calidad que aseguran un volumen de ventas (y, por tanto, de ingresos) suficiente para conseguir rentabilidades y seguir desarrollando otros productos, e incluso, entrar en nuevos mercados.

2.3. ¿Cuál debería ser la filosofía low cost en edificación?

2.3.1. Antecedentes

2.3.1.1. “Cinco puntos de una nueva arquitectura” (Le Corbusier)

En 1926, Le Corbusier presenta el documento “Cinco puntos de una nueva arquitectura” donde expone de forma sistemática sus ideas arquitectónicas. Representan una importante innovación conceptual para la época, aprovechando las nuevas tecnologías constructivas, derivadas especialmente del uso del hormigón armado:

- I) **Planta baja sobre pilares** → para Le Corbusier, la planta baja de la vivienda, al igual que la calle, pertenecía al automóvil, ya sea para circulación o aparcamiento, por este motivo la vivienda se elevaba sobre pilares para permitir el movimiento de los vehículos.
- II) **Terraza-jardín** → para Le Corbusier la superficie ocupada a la naturaleza por la vivienda debía de ser devuelta en forma de jardín en la cubierta del edificio, convirtiendo el espacio sobre la vivienda en un ámbito aprovechable para el esparcimiento, que además permitía mantener condiciones de aislamiento térmico sobre las nuevas losas de hormigón.
- III) **Planta libre** → a partir de la estructura independiente, aprovechando la tecnología del hormigón armado genera una estructura de pilares en la que apoyan losas, de esta forma el arquitecto decide dónde poner los cerramientos, siendo independientes de un nivel al otro.
- IV) **Ventana alargada** → por el mismo motivo del punto anterior, también los muros exteriores se liberan, y las ventanas pueden abarcar todo el ancho de la construcción, mejorando la relación con el exterior y permitiendo un mejor asoleamiento de los espacios interiores.
- V) **Fachada libre** → el corolario del plano libre en el plano vertical. La estructura se retrasa respecto de la fachada, liberando a ésta de su función estructural y permitiendo libertad en su composición independientemente de la estructura.

Imagen 6

CINCO PUNTOS DE UNA NUEVA ARQUITECTURA

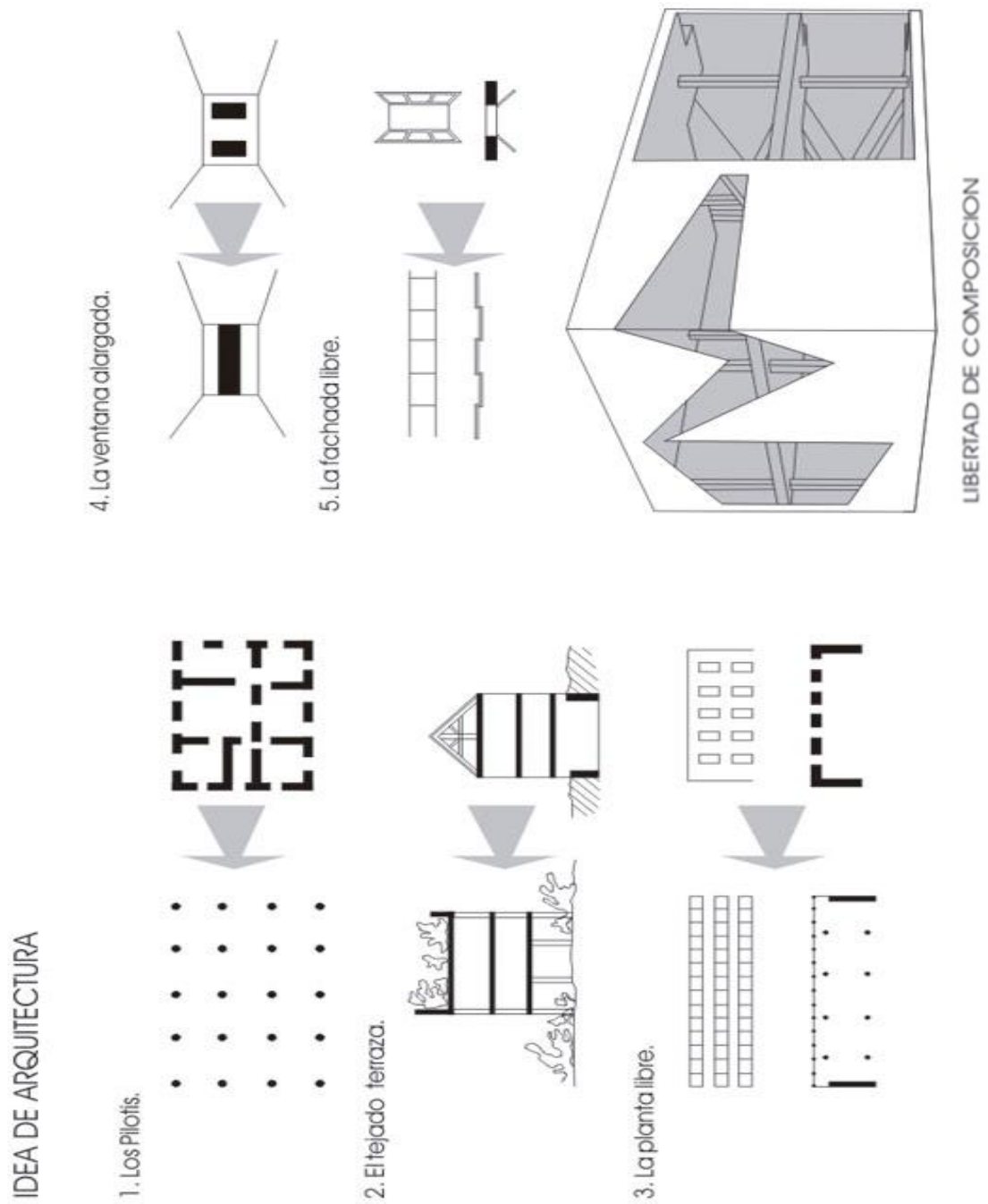


Imagen 7

Uno de los temas base de Le Corbusier fue su interés por la industrialización y modulación de una casa lógica y económica para todos. De ahí que, la casa "Citrohan" sea, dentro de los tres prototipos básicos (Domino, Monol, Citrohan) creados por Le Corbusier para crear la vivienda que se pudiera construir en serie igual que la maquinaria, la más desarrollada a lo largo de su carrera.

Este prototipo de vivienda, al que se refirió como "la máquina de habitar", refleja sus preocupaciones:

- **Construcción en serie como los automóviles**
- **Prefabricación**
- **Reducción del equipamiento necesario al mínimo en beneficio de los espacios de estar**

El espacio lo había percibido en los bares populares de París como dos muros paralelos a doble altura entre los que se coloca un altillo y que cuenta con una gran entrada de luz en su extremo libre. Aplica la libertad en planta conseguida en sus trabajos previos con la estructura: pilares y jácenas de hormigón armado, así como una escalera exenta para no perforar el forjado.

El volumen total, por último, se reconstruye como un paralelepípedo puro, sin salientes, mediante una viga que bordea los dos lados libres de la terraza, reconstruyendo virtualmente la forma primaria.

Vemos pues, a través de la evolución de la Maison Citrohan, como se cumplen con perfecta coherencia las concepciones de Le Corbusier: a partir de un objeto-tipo que reconoce su origen en las casas-estudio parisinas, se formula un prototipo, que a través de un proceso de sucesivas depuraciones, permite llegar a una síntesis que constituye la "solución perfecta", el modelo ideal para la resolución universal del problema planteado.

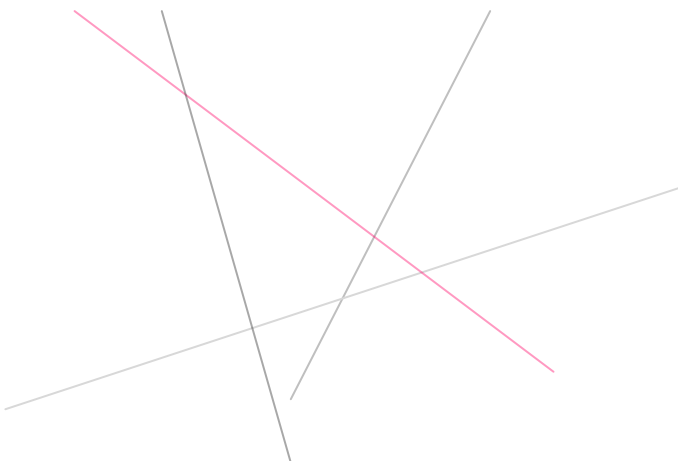
Se observa la fluencia de los espacios, con la abertura total de la sala al exterior y la separación matizada entre las estancias, el recorrido que fuerza la exploración de toda la construcción, la libre plasticidad de los cerramientos internos, el propio mobiliario, a menudo de hormigón o encastrados, formando parte de la casa, la contraposición entre la caja base estructural y los demás elementos de cerramiento, y tantas otras cuestiones que hacen de esta casa uno de los hitos fundamentales de la arquitectura moderna.

En cuanto a su estructura, un armazón de esqueleto de hormigón puesta en pie de obra, al torno. Paredes en membrana de 3 centímetros, cemento proyectado sobre palastro desplegado, dejando un vacío de 20 centímetros.

La estructura de pilares de 25x25 centímetros deja entre ellos una luz libre de 2,5 metros en sentido longitudinal y de 5 metros en sentido transversal, lo que permite la modulación e industrialización de las ventanas de 1,10x2,50 m. En paralelo al cuerpo que aloja las estancias (5,00x11,75 m) se coloca, sin fragmentar el forjado, la escalera de 95 cm de amplitud. La altura de los pilares, entre vigas de 25 cm de canto, es de 2,20 m.

Las losas de los pisos del mismo módulo, líneas de bastidores de ventanas de fábrica, con ventanillas útiles del mismo módulo. La disposición de acuerdo a la vida de familia: luz abundante conforme al destino de las habitaciones y las necesidades de la higiene favorecidas.

El emplazamiento de las ventanas resulta especialmente sutil y permite medir la altura de las plantas, gracias a las hendiduras del aguilón posterior, así como imaginar la función de las habitaciones, gracias a las cristalerías anteriores y los vanos de distintos tamaños.



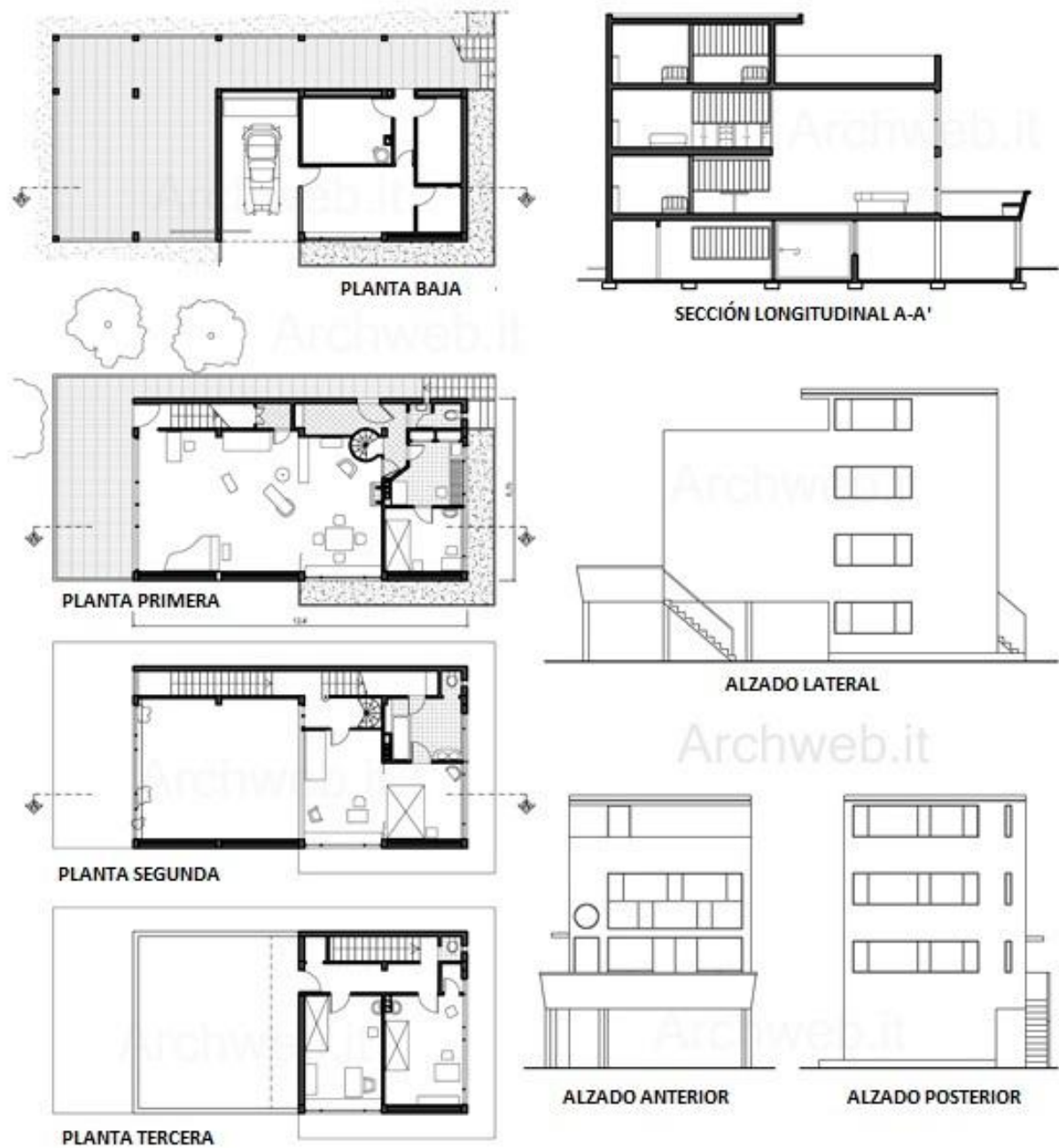


Imagen 8

2.3.1.2. Case Study House nº8 (Eames)²

"Nos interesa **la casa como un instrumento fundamental para vivir en nuestro tiempo**, la casa como una solución a la necesidad humana de cobijo que sea contemporánea desde el punto de vista estructural, la casa que, sobre todo, se aproveche de las mejores técnicas de ingeniería de nuestra civilización altamente industrializada. Mientras otras actitudes presentan diversas posibilidades, este enfoque parece que es el que puede defenderse sin prejuicios como la **solución moderna, lúcida y realista a las necesidades de vivienda**. La historia de la casa es demasiado obvia como para replanteársela. Sin embargo, lo que tratamos de decir es que **ahora se dan todas las circunstancias y condiciones necesarias para poder combatir el problema de la vivienda en serie a escala integral y global** con posibilidades de éxito más que buenas"

(Charles Eames).

Los Eames se aplicaron en aquello que es consustancial con su forma de producir: la modernidad, la industrialización Taylorizada, el cinematógrafo y el minimalismo japonés.

Esta casa es un ejemplo de **vivienda modular de fácil fabricación y montaje**, es un ejemplo único de hasta dónde podía haber llegado la arquitectura siguiendo los postulados de este utópico arquitecto que supo vislumbrar los peligros del ego y el afianzarse a los materiales de siempre en la construcción.

La casa tiene una doble forma, actúa como contenedor y contenido. Es un contenedor del espacio en el cual habitan y trabajan dos personas y a la vez es contenido, pues representa las ideas hechas forma de estas dos personas que son además de habitantes, sus diseñadores.

La "Eames House" nace cuando los Eames se trasladan a un suburbio de Los Ángeles, donde construirán su propia casa, en la que habitarán hasta su muerte. Durante estos años desarrollan y construyen el "objeto" que han imaginado y que utilizan. Por lo tanto **van adaptando la vivienda a las necesidades que van surgiendo**.

De aquí surge el primer concepto arquitectónico válido en la actualidad: **flexibilidad**.

Si bien esta vivienda fue concebida para ser prototípica, es, en realidad, el reflejo extremadamente personal de la coexistencia ininterrumpida del trabajo y del ocio que caracterizó el excepcional estilo de vida de estos dos destacados diseñadores estadounidenses. El resultado de la cooperación del matrimonio Eames consiste en dos edificios contiguos de doble

² Charles Eames y su esposa Ray.

Diseñadores americanos que trabajaron conjuntamente e hicieron importantes contribuciones a la arquitectura moderna y mobiliario. También trabajaron en los campos del diseño industrial y gráfico, arte y cine.

altura, uno utilizado como ámbito residencial, y el otro como estudio-taller.

Ambos **volúmenes estandarizados** y auto construibles responden a una clara intención de simplificación **de la definición de casa**. Lo que se crea es una piel, no un habitáculo. Incluso las habituales dependencias que contiene cualquier casa convencional aquí también están presentes, pero con una clara vocación de **autonomía, de independencia** y con un concepto de **adaptación a los cambios** en el tiempo: *flexibilidad*.

Para los Eames el crear una cocina tiene el mismo valor que crear una silla, los dos son un objeto y pueden ser “itinerantes”. A diferencia de los edificios de Frank Lloyd Wright, donde su mobiliario sólo puede estar en ese sitio, aquí desprende la imagen de mutabilidad.

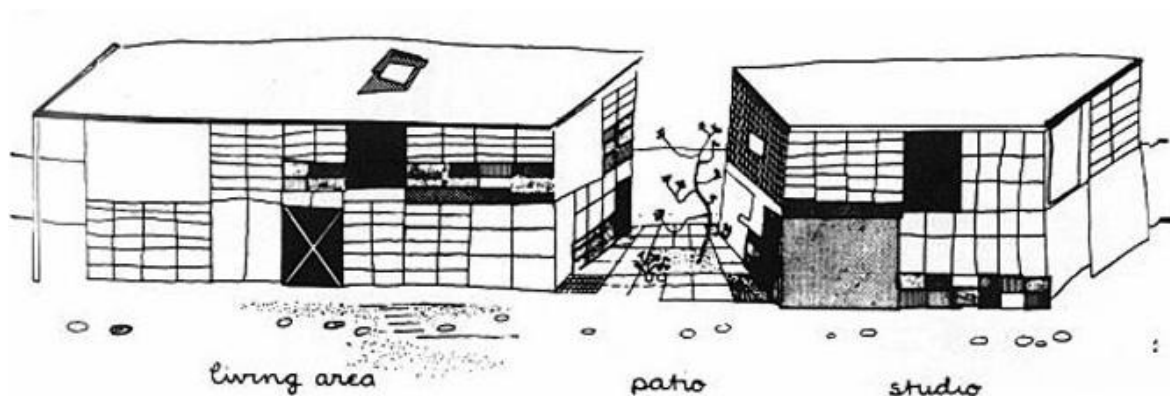


Imagen 9

Las habitaciones están en una entreplanta que se abre en la sala, debajo de las cuales se encuentra la biblioteca. El taller está en la planta baja independiente del volumen dedicado a la vivienda, pero al mismo tiempo interrelacionado a través de la terraza. En esta planta se han ubicado la sala de estar, la cocina, el taller y el almacén. En la parte alta los dormitorios y baño. Esta planta se comunica con el resto de la casa por escaleras y balcones que permite la doble altura de los salones.

La **estructura** de la casa Eames fue instalada en tan solo 90 horas, en ella se utilizó acero y estructuras compuestas, así como un pequeño muro de contención de hormigón. Eames calculó que quitando su estudio, el coste por pie³ cuadrado de la casa era de 1 dólar en lugar de los 12 habituales de la construcción en madera tradicional. El edificio de carácter rectilíneo y con énfasis en lo estructural, cobra vitalidad por medio de las texturas, los colores y los materiales orquestados por Ray Eames.



Imagen 10

Demostrando las posibilidades que ofrecía la tecnología industrial tanto en la fabricación de los materiales como en la adopción de los métodos constructivos, **la vivienda fue enteramente montada con elementos prefabricados** que, incluyendo el acero, el cristal, el asbesto y los paneles Cemento, **según un sistema modular**.

En lugar de utilizar materiales tradicionales, utilizan materiales industriales por dos razones:

1. Por su relación con la industria, al ser diseñadores de mobiliario, esto les permite la estandarización de la construcción y
2. Porque los materiales industriales les permite la autoconstrucción de su vivienda. Estos son dos términos también muy de actualidad en el mundo arquitectónico.

Los cerramientos se realizaron con chapa corrugada, paneles de ferrocemento y carpinterías metálicas con cristal. El exterior de la casa está formado por paneles transparentes de vidrio o translúcidos de fibra de vidrio combinados con paneles de madera, asbesto (mineral parecido al amianto, pero de fibras duras y rígidas, principalmente constituido por silicato magnésico, el asbesto es incombustible y tiene una gran aplicación en la industria) y cemento pintados en tonos primarios o blanco y en

³ 1 pie = 0.3048 metros

ocasiones cubiertos con estuco mezclado con pan de oro. Las ventanas y las puertas son de aluminio industrializado, así como el acero utilizado en el techo y la terraza.

2.3.2. ¿Por qué resurge esta filosofía en la actualidad?

La globalización, la comunicación, el acortamiento de distancias, etc., suponen un cambio en el modo vida que condiciona todos los aspectos de interrelación y que está teniendo gran trascendencia en los distintos ámbitos de nuestras vidas. Uno de los aspectos que más está condicionando es el ámbito laboral y, por tanto, la repercusión en la disponibilidad económica para acceder a una vivienda.

Los condicionantes que a continuación se señalan nos conducen a plantearnos si el modelo edificatorio de viviendas satisface las necesidades funcionales y de coste que el modelo tradicional ha venido sirviendo desde tiempos remotos:

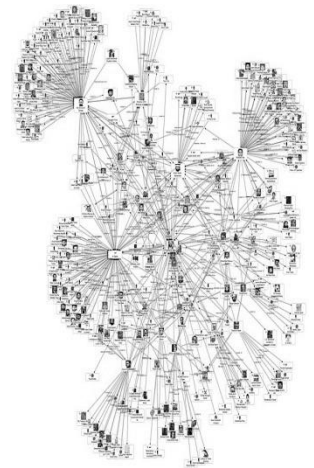
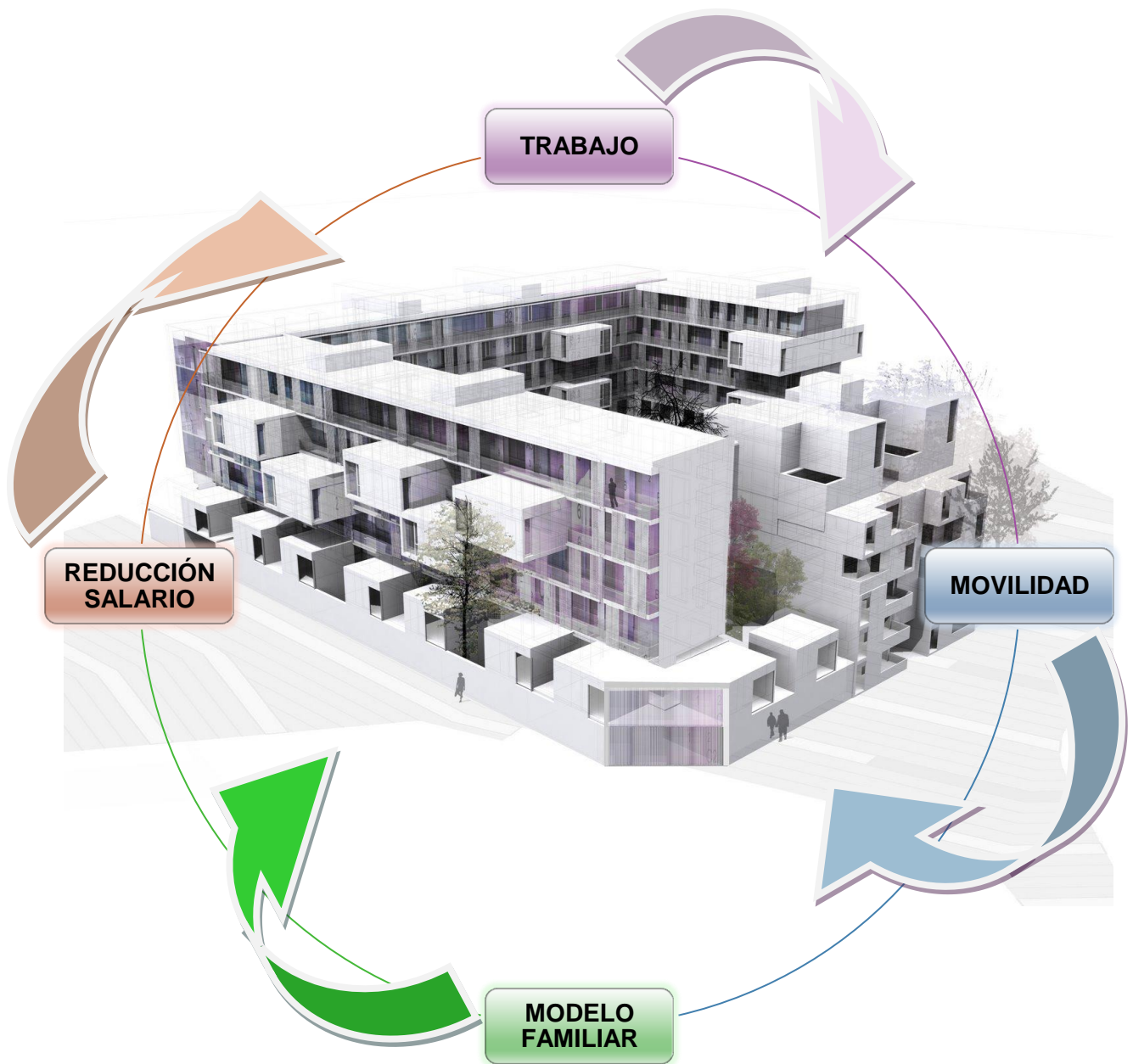


Imagen 11

- El **trabajo** ya no se entiende como un factor estático y permanente para toda la vida, si no que se ha convertido en un espectro de posibilidades de mejora o en una alternativa para el desarrollo profesional.
- La **movilidad** obligada, bien por la necesidad de encontrar trabajo bien por el desarrollo individual profesional, ha modificado la necesidad de vivienda tradicional para toda la vida en la que la hipoteca ata al individuo durante muchos años por otra que, sin prescindir de la necesidad de independencia que todo joven necesita, no le impida el acceso a la misma.
- La elevada oferta de profesionales en este modelo globalizado ha propiciado una **reducción** muy importante en los **salarios**.
- Y por último, y muy importante, los cambios que la sociedad actual está sufriendo en cuanto al **modelo familiar** requieren un cambio en la tipología de la vivienda enfocado hacia una menor superficie y menor coste, éste último, no solo por la reducción de superficie si no por la repercusión en aquellos factores materiales o de organización que ayuden en su reducción.

Como se observa, todos estos condicionantes se interrelacionan entre sí y con el acceso a la vivienda. El siguiente esquema lo demuestra:



Esquema 1. Factores sociales del actual modelo de construcción

Imagen 12

“El individuo
no debe
adaptarse
a la
vivienda.

La vivienda
es la que
se debe
adaptar al
individuo”

Fuente: de la autora.

Los cambios en el modelo familiar están motivados, fundamentalmente, por la actual crisis económica. Los jóvenes, muy formados y especializados en las diferentes áreas no encuentran el trabajo con que habían soñado para cumplir sus expectativas: **independizarse** (bien mediante alquiler bien comprando una vivienda), y **desarrollarse profesional y personalmente**. Hasta hace relativamente pocos años, ésta era la dinámica y, los jóvenes de entonces, con un trabajo fijo y salario adecuado, accedían a la compra de una vivienda para toda la vida. Hoy no es así.

Centrándonos en el tema que, como técnicos nos afecta, la **vivienda** –y al cliente, el **acceso a la misma**– habría que cuestionarse sí el actual modelo de vivienda tradicional (a modo de ejemplo: 80 m² repartidos en 3 dormitorios, 2 baños, salón, cocina, hall, lavadero...) se adapta realmente a las necesidades del individuo. Para un joven cuyo objetivo es independizarse a toda costa, ¿le es imprescindible ese modelo tradicional de vivienda?; y, ¿un jubilado/pensionista, o una separado/a o divorciado/a? Lo que está claro es que las necesidades, en cuanto a la vivienda se refiere, van cambiando según la edad y la situación personal de cada individuo y, por tanto, éste no debería adaptarse a la vivienda, sino ésta a él.

2.3.3. Concepto low cost en edificación

La aplicación del concepto low cost en la edificación no puede suponer en ningún caso la reducción de la calidad de los materiales y acabados, así como la reducción de las prestaciones que una vivienda debe tener. Se trata pues, de analizar los elementos que sean susceptibles de ser *modificados, sustituidos y/o eliminados* para reducir costes pero siempre aportando unas prestaciones que cumplan las exigencias del comprador y que se adapten a sus necesidades y a su modo de vida.

Un joven que quiere independizarse a toda costa no tiene las mismas necesidades que una familia con hijos pequeños, ni que un jubilado. Cada uno de estos actores tiene unas necesidades distintas a los demás, y es por ello que el modelo tradicional de vivienda tiene que ser transformado.

El objetivo de trabajo de algunos estudios de arquitectura como por ejemplo “La Panadería”, analizan la viabilidad constructiva y económica del prototipo de VPO ampliable para jóvenes. Plantean un análisis de sistemas y componentes constructivos que potencien y faciliten la **personalización, transformación y ampliación** de la vivienda por parte del usuario así como la **adaptabilidad** de las soluciones constructivas con el tiempo.

A continuación se agrupan los capítulos de un presupuesto de un proyecto en cinco grandes grupos para analizar aquellas partidas que son, como ya se ha citado anteriormente, susceptibles de ser modificadas, sustituidas por otras, y/o eliminadas para cumplir el objetivo que se propone de acuerdo a una estrategia low cost sin reducir la calidad de la edificación ni las expectativas del cliente.

- a) Cimentación y estructura
- b) Cerramientos de fachada y cubierta
- c) Tabiquería interior, revestimientos, pavimentos y falsos techos
- d) Carpinterías
- e) Instalaciones

La calidad se mide por el cumplimiento de las expectativas que el cliente espera del producto.

¿Qué tiene más calidad, un coche de la marca Mercedes o uno Seat?

Esquema 2.
Capítulos susceptibles de ser modificados, sustituidos y/o eliminados para aplicar modelos de construcción low cost en edificación



2.3.3.1. Cimentación y estructura

Un estudio pormenorizado de la cimentación y la estructura basándose en los estudios geotécnicos pertinentes en los que se busque la simetría y el equilibrio de los vanos entre pilares para conseguir unos pórticos uniformes y sin diferencias sustanciales de luz nos pueden permitir un ahorro importante en la estructura.

Otras soluciones constructivas son el uso de estructuras autoportantes prefabricadas.

Empresas como “Compact-Habit” y “Obox” (ambas fundadas por profesionales españoles y ubicadas en territorio nacional) han apostado por la construcción industrializada de sus propios módulos volumétricos de hormigón armado para la configuración de viviendas de diversas superficies y distribuciones adaptándose a las necesidades de las distintas unidades familiares existentes.

Compact-Habit está especializada en la construcción prefabricada mediante módulos de hormigón armado ofreciendo, productos completamente terminados y equipados desde el taller. Tras años de investigación, han desarrollado su propio sistema: **Sistema eMii**⁴, que puede ser aplicado para construir cualquier edificio.



Imagen 13

Por su parte, Obox también crea su propio sistema. El **sistema Obox**⁵ es un sistema de construcción basado en módulos de hormigón armado de 6x3m de dimensión, con un techo abovedado que le imprime una geometría característica y que cubre todos los aspectos del proceso constructivo de cualquier edificación susceptible de poder ejecutada modularmente.



Imagen 14

⁴ Edificación Modular integral industrializada. Desarrollado en el apartado 3.2.1. Pág. 56 del presente documento.

⁵ Sistema Obox. Desarrollado en el apartado 3.3.2. Pág. 88 del presente documento.

2.3.3.2. Cerramientos de fachada y cubiertas

Disminución de superficie:

-Adaptación a las necesidades de esta nueva era

-Menor coste de ejecución

-Menor coste de repercusión de suelo

-Optimización del aprovechamiento

Paneles cartón-Yeso, madera prensada u otros materiales ligeros:

-Flexibilidad

-Rapidez ejecución fácil montaje y desmontaje

-Limpieza ejecución eliminación de residuos y escombros

"Do it yourself":

-Personalización de elementos

-"Bricolaje"

-Reducción de costes

El cerramiento de fachada y las particiones interiores en la actualidad, se siguen construyendo del mismo modo que en la antigüedad, piedra sobre piedra, ladrillo sobre ladrillo... Este sistema requiere mucho tiempo de mano de obra por lo que, si se quiere reducir costes, habría que hacer un planteamiento de cerramientos totalmente diferente al que hemos venido haciendo. Es absolutamente necesario, por tanto, introducir la prefabricación en la edificación.

Como se ha comentado anteriormente, la prefabricación es una fuente importante de innovación para la reducción de dichos costes, mejorando sus prestaciones. La disminución de los tiempos de ejecución en obra gracias al uso de sistemas modulares y prefabricados repercute directamente en la mejora de la calidad mediante sistemas de control en taller y obra más eficientes. Otras mejoras que se consiguen son eliminación de puentes térmicos, mejora del rendimiento térmico y acústico, e incluso la reducción de la siniestralidad laboral. En este sentido, también es muy importante la aplicación de soluciones utilizando materiales de fácil aplicación en seco.

La necesidad de contribuir con el medio ambiente debido a la preocupación por el cambio climático hace que actualmente se esté apostando por el uso de cubiertas vegetales extensivas o intensivas para el cerramiento superior horizontal.

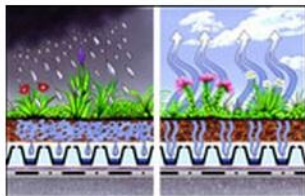
La **ecológica o extensiva** es aquella cuya vegetación la constituyen plantas tapizantes de muy bajo mantenimiento. Generalmente se instala como protección adicional de la cubierta y permite maximizar las ventajas ecológicas. La **intensiva** es la que utiliza como vegetación plantas más altas,

vivaces arbustivas o árboles y puede usarse también para actividades en zonas transitables de peatones o vehículos. Son, en realidad, verdaderos parques o jardines situados sobre una cubierta, en la que prácticamente todas las actividades son posibles siempre que se respete la carga máxima de la cubierta.

	Extensiva	Intensiva
Mantenimiento	mínimo	normal, intensivo
Vegetación	plantas tapizantes, autosuficientes	plantas más altas y variadas
Espesor del sistema	a partir de 14 cm	a partir de 20 cm
Uso	protección adicional ecológica	jardín, zona de recreo

Cuadro 1. Tipos de cubiertas ajardinadas

Ventajas ecológicas de las cubiertas vegetales:



Retención del agua

Las cubiertas ajardinadas son capaces de retener hasta el 90 % de la precipitación. Una gran parte de esta agua es devuelta a la atmósfera, el resto fluye de forma retardada a los sistemas de desagüe. Así se puede disminuir la dimensión de los conductos y a la vez se reducen costes de desagüe.



Mejora del clima urbano

Las cubiertas ajardinadas reducen el calentamiento atmosférico y humedecen el ambiente urbano creando así un clima más agradable.



Reducción de la contaminación

Las cubiertas ajardinadas actúan como un filtro que retiene elementos tóxicos, por lo que contribuyen a reducir la contaminación atmosférica. Del mismo modo, el sustrato filtra el agua de la lluvia reduciendo en ella las sustancias nocivas.



Mejor protección contra el ruido

Las cubiertas ajardinadas reducen la reflexión sonora hasta 3 dB y son capaces de mejorar la insonorización hasta 8 dB. Así, son ideales para edificios rodeados de focos ruidosos.



Espacio vital adicional

Las cubiertas ajardinadas compensan gran parte de las zonas verdes perdidas a causa de la urbanización; los ajardinamientos extensivos son los que ofrecen mayores posibilidades de compensación.



Uso de materiales reciclados de gran valor

Los elementos de drenaje de las cubiertas ajardinadas están fabricados con materiales reciclados, como el caucho y el polietileno, contribuyendo así a preservar materias primas.

Encontrará amplia información sobre las ventajas ecológicas del ajardinamiento de cubiertas en las páginas de la Asociación Internacional IGRA (International Green Roof Association): www.igra-world.com

Ilustración 1.
Ventajas ecológicas de las cubiertas ajardinadas

Sin embargo, otra solución constructiva para resolver la cubierta de un edificio, siempre bajo los criterios de la normativa vigente y, por tanto, cumpliendo requisitos de calidad necesarios, es optar por cubiertas planas invertidas transitables o no.

Compact Habit prevé el montaje de cubiertas prefabricadas industrialmente independiente o conjuntamente con el módulo y la realización de cubiertas in situ

con los métodos propios de la construcción tradicional. Obox, resuelve de forma económica la cubierta combinada (plana y curva debido al abovedamiento del módulo) previendo las pendientes y las bajantes de aguas pluviales en el propio módulo. Además, propone la posibilidad de insertar sobre el módulo de la vivienda otro módulo específico para generar una cubierta plana transitable o no.

2.3.3.3. *Tabiquería interior, revestimientos, pavimentos y falsos techos*

Construida la estructura de la edificación sobre una cimentación adecuada y concluido el cerramiento exterior, es decir, la envolvente de la misma cumpliendo las premisas que establece el CTE, cabría cuestionarse, a partir de este momento, si son realmente necesarios algunos de los acabados que encontramos en el interior de las viviendas como parte de la mejora de las calidades que la normativa impone.

La necesidad de independencia de una persona joven, separada o de una pareja de jubilados y los requisitos exigibles a una vivienda en esas condiciones son, ante todo, **funcionalidad, accesibilidad, flexibilidad y economía**, pasando a un segundo plano otras características como la amplitud o superficie, el número de dormitorios y baños, tipo de revestimientos, etc.

Ante este planteamiento, nos podríamos hacer las siguientes preguntas para este colectivo:

- ¿necesitan éstos, una **vivienda de 90 m²** asumiendo unos **elevados costes** de construcción y repercusión de suelo?
- ¿podríamos conseguir que un apartamento de **45 ó 50 m²** **cubriera las expectativas e intereses** que una vivienda en estas situaciones debe satisfacer y priorizar?
- ¿son estrictamente inexcusables todos **los tabiques interiores** en esta situación?
- En caso de que lo fueran en un momento determinado, ¿podrían ser montados con paneles prefabricados de cartón-yeso, madera prensada u otros materiales ligeros, si se dejaran previstas en el techo unas guías o soportes que facilitasen el montaje y desmontaje, **adaptándose** con suma **flexibilidad a las necesidades** del momento? Hay que tener en cuenta que estos materiales son fáciles de montar y desmontar en caso de albergar algún tipo de instalación sin generar residuos ni escombros. Construir

un tabique a base de tablero contrachapado de láminas de madera de okumen, fresno o abedul encoladas con maderas fenólicas permite, por un lado, usar y disfrutar todo el espacio hasta que surge esta necesidad divisoria y, por otro, que esta división, en el momento de ejecutarse, resta muy poco espacio dado su mínimo espesor. Además, ésta sería una opción que podría dejarse en manos del futuro propietario de manera que éste adapte, personalice y customice la vivienda según sus gustos, a la vez que se reducen los costes de ejecución apareciendo el concepto **“do it yourself”**. Concepto del que más adelante se hablará.



Ilustración 2.
Composición fotográfica. Distribución apartamento 40m2

- ¿Es estrictamente necesario la colocación de un falso techo en toda la superficie de la vivienda? O, por el contrario, ¿se podría optimizar la distribución de las instalaciones de manera que solo fuera necesario colocar dicho **falso techo en los locales húmedos** aprovechando el uso de la tabiquería seca de cartón-yeso capaz de albergar las conducciones que se han comentado en el párrafo anterior?

La eliminación de alicatados o su sustitución por otros materiales que requieran menor mano de obra en la partida de revestimientos también puede suponer una reducción en el presupuesto sin mermar en la calidad final.

Un sustitutivo, tanto para revestimiento vertical como para pavimento, podría ser el uso de **Policloruro de Vinilo (PVC) o tableros fenólicos de madera contrachapada**

- **Características Policloruro de Vinilo (PVC):**

- Rango de temperatura de trabajo -15°C $+60^{\circ}\text{C}$.
- Resistencia, rigidez y dureza mecánicas elevadas
- Buen aislante eléctrico
- Elevada resistencia a sustancias químicas
- Autoextinguible
- Impermeable a gases y líquidos
- Mínima absorción de agua
- Resistente a la acción de hongos, bacterias, insectos y roedores
- Fácil de pegar y soldar
- Resisten a la intemperie (sol, lluvia, viento y aire marino)

- **Características tableros fenólicos de madera contrachapada:**

- Tablero contrachapado fenólico de madera de abedul

- Descripción: Tablero contrachapado compuesto de chapas finas de madera de abedul entrecruzadas entre sí, resultando un tablero de alta calidad con caras decorativas; aptas igualmente para ambientes húmedos de interior o exteriores preferiblemente abrigados.

- Aplicaciones: Revestimientos decorativos de paredes, techos, fachadas, tabiquería, cubiertas de tejado, mobiliario en general, fabricación de modelos para la industria del metal.



Imagen 15

Tablero contrachapado fenólico 100% madera de okumen

- Descripción: Tablero contrachapado por chapas de madera 100% okumen, ideal para interiores con ambientes húmedos o exteriores.
- Aplicaciones: Revestimientos interiores con ambientes húmedos, cubiertas, suelos, tejados, etc.



Imagen 16

Algunos de los ejemplos reales que utilizan este material como revestimiento se puede observar en las siguientes imágenes:



Imagen 17

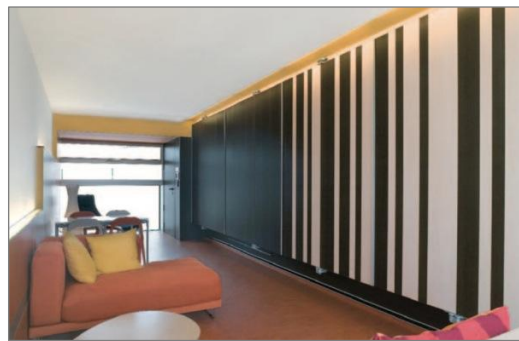


Imagen 18



Imagen 20

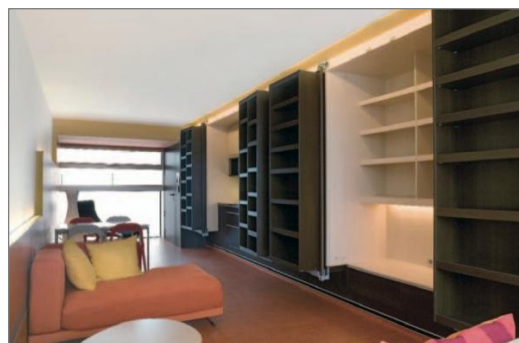


Imagen 19

2.3.3.4. *Carpinterías*

En esta línea de bajo coste, es indispensable optar por la mayor simetría posible. La **repetición de determinados elementos** tanto en su producción, cuya fabricación requiere la elaboración de moldes, como en su montaje, cuya especialización de los obreros y, por tanto, la rapidez de ejecución, **ayuda a reducir costes**. Por eso, el uso del mayor número de carpinterías idénticas, tanto para el cerramiento de huecos exteriores como para los interiores, es fundamental.

Además, el uso de carpinterías simétricas permite mejorar su colocación en el hueco y reducir, por tanto, los puentes térmicos ya que se podría modular la solución más adecuada para dicho fin a través de elementos prefabricados evitando juntas complicadas de resolver.

2.3.3.5. *Instalaciones*

Siguiendo la línea de industrialización, las instalaciones también deben seguir esquemas con criterios de producción en serie. Es cierto que las soluciones varían en función de cada proyecto pero siempre deben quedar limitadas por la normativa vigente de aplicación a la construcción tradicional.

Tal y como se viene haciendo en la construcción tradicional, donde el proceso de ejecución no ayuda a reducir costes puesto que es necesario levantar el tabique, “romperlo” para crear rozas, introducir las instalaciones y, finalmente, tapar el hueco generado para revestir el tabique, es necesario un cambio.

Algunas de las medidas para reducir costes en esta sección, podría ser la colocación de instalaciones *vistas*. Este proceso de *construir-romper-reconstruir* (mano de obra más material) junto con el escombros generado, tiene unos costes que pueden ser evitados si, por un lado, se utiliza la construcción en seco –por ejemplo, un tabique de cartón-yeso –como alternativa al tabique tradicional de ladrillo, para albergar aquellas instalaciones que deben quedar *ocultas*, y, por otro lado, aquellas que si pueden quedar *vistas*, dejarlas “al alcance del ojo humano” pero siempre desde una perspectiva que siga un orden y limpieza básicos.



Imagen 21. Grupo de imágenes

2.3.4. Concepto “do it yourself” en edificación

El concepto “hágalo usted mismo”, “hazlo tú mismo”, o simplemente bricolaje es la práctica de la fabricación o reparación de cosas por uno mismo, de modo que se ahorra dinero, se entretiene y aprende al mismo tiempo. Es una forma de autoproducción sin esperar la voluntad de otros para realizar acciones propias.

La ética de este movimiento rechaza la idea de tener que comprar cosas (o pedir servicios) a terceras personas para poder hacer lo que uno desea o necesita, es decir, sin tener que recurrir a profesionales como fontaneros, electricistas, albañiles, etc....

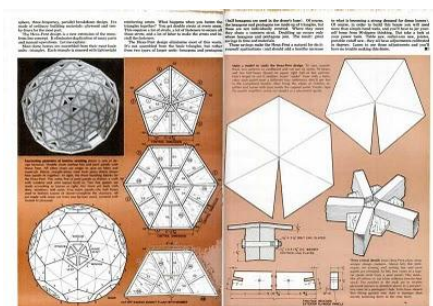


Imagen 22

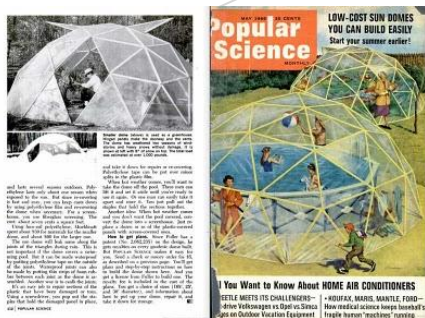


Imagen 24



Imagen 23

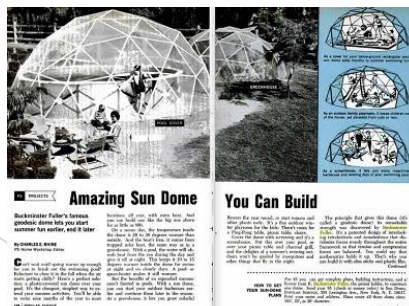


Imagen 25

“Además de la conocida Drop City (esa comunidad de artistas fundada en 1965 en el sur de Colorado, construida a partir de cúpulas de Fuller y productos de desecho) es muy interesante el desarrollo que ha tenido la cúpula geodésica en la cultura norteamericana como sistema de construcción, en muchos casos Do it yourself.

Una de las razones de este auge deriva de la publicación de estos sistemas en revistas como Popular Mechanics o Popular Science en los que se presentaban ejemplos de las mismas, recortables para hacer en casa e incluso anuncios en los que pagando unos 5\$, te enviaban los planos de alguna de estas estructuras para cubrir tu piscina, construirte una casa de campo o un invernadero. Es muy interesante como Fuller es uno de los pioneros en generar sistemas de construcción Do it Yourself a los que pudiera acceder cualquier ciudadano americano a través de estas populares revistas (resultan también interesantes los posteriores trabajos de grupos como Ant Farm y su Inflatacookbook o los Dome Book promocionados por Architectural Design en los años 70)”.⁶

6 Fuente: <http://arqydisulagos.blogspot.com.es/2011/10/1965-sistemas-de-construccion-do-it.html> [en línea]. (Consulta Noviembre de 2013).

IKEA es, entre otros, un gran referente. La mayoría de los productos que comercializa en la actualidad vienen con instrucciones y las herramientas necesarias para armarlo, con el fin de llevar a cabo el concepto “Hágalo Usted Mismo”.

Trasladando este concepto directamente al sector de la construcción, tal vez, en un futuro no muy lejano, se podría incluir en el propio libro del edificio una guía o manual de instrucciones para determinados elementos o partes del edificio que puedan ser acabadas por el propietario, de manera que el producto sea más barato para el cliente y sea el participe, desarrolle sus habilidades y customice o personalice su vivienda a su gusto. Es decir, al cliente se le podría presentar la opción de comprar su vivienda:

- **100% acabada**, con las divisiones diseñadas en fase de proyecto a y completadas en fase de ejecución a las que se debe adaptar el comprador.
- **“Semi-acabada” tipo 1**. Se trata de dejar un apartamento abierto tipo loft con una posibilidades de división interior futuras para las que se **incluirían materiales + manual de instrucciones de los mismos** para el montaje posterior de los elementos o partes de la vivienda que se ofrezcan en fase de proyecto o que pudiera adquirir posteriormente para hacerlo uno mismo → *“Do it yourself”*.
- **“Semi-acabada” tipo 2**. Se trata de una variante de la opción anterior en la que no se incluirían los **materiales pero si manual de instrucciones** para que en el futuro el propietario adquiera en cualquier proveedor los materiales necesarios. Esta opción sería, sin lugar a dudas, la más económica, sin embargo, será el cliente quien posteriormente deba buscar los materiales y contactar con las personas cualificadas que le efectúen el montaje o se lo haga él mismo.

Por supuesto, siempre se trataría de aquellas partes o elementos de la vivienda que no requieran de un cumplimiento exhaustivo de la normativa edificatoria vigente, actualmente el CTE, ya que en dicho caso, sería relevante la presencia de un técnico que supervise la correcta instalación de los materiales, acabados, para que, efectivamente, cumpla la normativa.

1. INTRODUCCIÓN

2. LOW COST

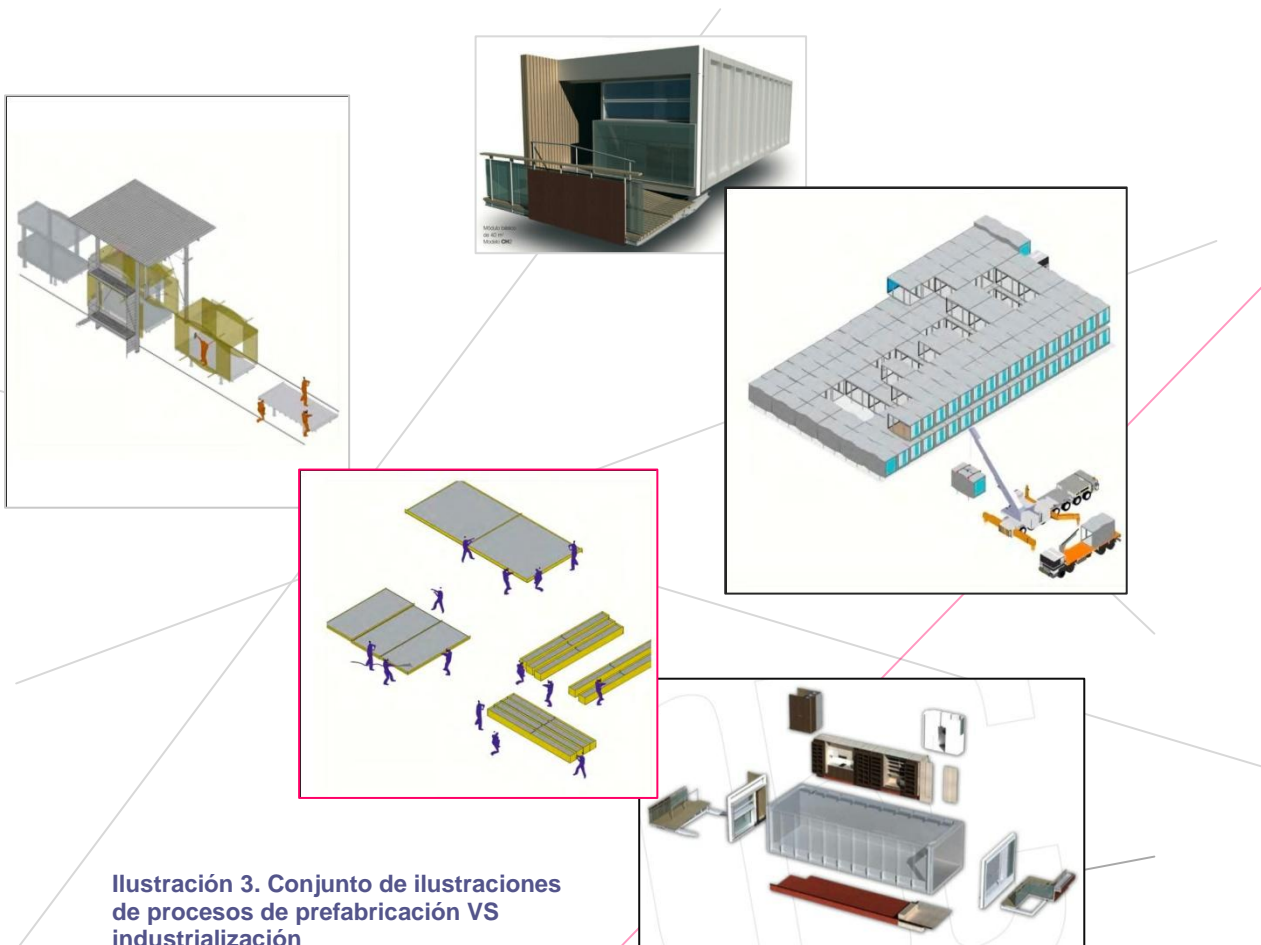
3. DESARROLLO

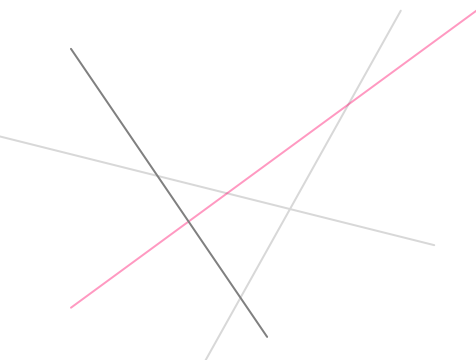
4. CONCLUSIONES

5. ANEXOS

6. BIBLIOGRAFÍA

3. DESARROLLO





3.1. Prefabricación e industrialización. Diferenciación de conceptos

Antes de estudiar en profundidad los casos que se plantean en los siguientes apartados, es importante aclarar los conceptos de *prefabricación* e *industrialización* para evitar caer en el uso de ambos términos indistintamente.

El término ***prefabricación*** hace referencia al *sistema constructivo basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en una fábrica, fuera de su ubicación final y que en su posición definitiva, tras una fase de montaje simple, precisa y no laboriosa conforman el todo o una parte de un edificio o construcción*. Esta práctica reduce los **trabajos a producir en obra a los de montaje y ensamblaje**, eliminando los trabajos de construcción tradicional que se elaboran “in situ”.

Se construye a partir de elementos constructivos fabricados en planta de producción industrial y posteriormente son montan en la obra.

INCONVENIENTES:

- Necesidad de montaje de muchos elementos en obra.
- Juntas de ensamblaje.
- Complejidad en todos los acabados y terminaciones (equivalente a la construcción tradicional).
- Complejidad para implantar procedimientos de control de calidad.



Imagen 26

VENTATAJAS:

- Simplicidad en el transporte.
- Control de costes en los elementos de construcción.
- Menor inversión en la planta de producción industrial.

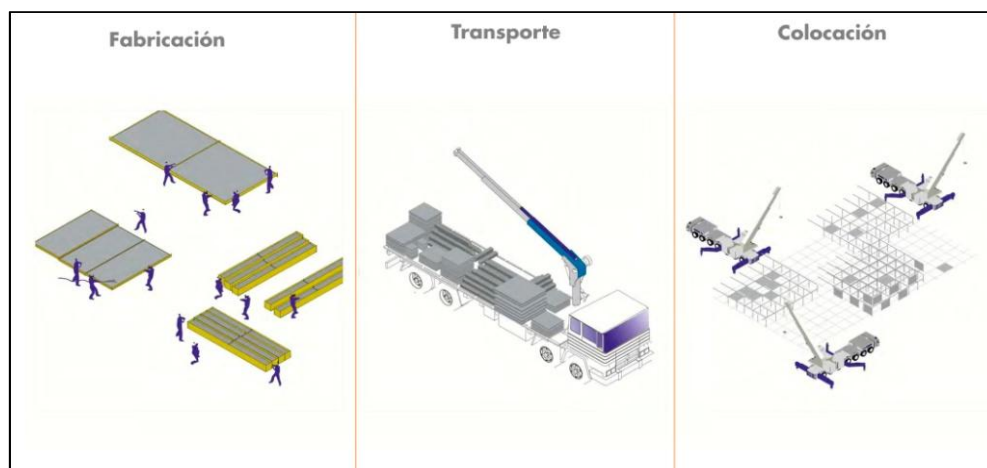


Ilustración 4. Prefabricación

En cambio, el concepto de **industrialización** se precisa como el *proceso productivo que, de forma racional y automatizada, implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso de diseño, producción, fabricación y gestión, empleando materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas en serie para obtener una mayor productividad*. La industrialización implica el uso de la prefabricación como método de trabajo y aplicable a:

- Producción industrializada → prefabricación de elementos.
- Proceso de diseño y ejecución en obra → técnicas industriales aplicadas a la coordinación modular de los proyectos.
- Producción de módulos tridimensionales realizados en fábrica y montados en obra.



Imagen 27

Se termina la construcción en su totalidad en la fábrica en forma de módulos que son transportados y montados en la obra.

VENTAJAS:

- Control de costes en todo el proceso de fabricación.
- Control de calidad durante todo el proceso.
- Fabricación de módulos sin juntas.
- Incorpora procesos industriales completos en acabados y terminaciones.
- Mejora la productividad.
- Sostenibilidad: reducción de residuos generados en obra.
- Reducción de plazos en la ejecución

INCONVENIENTES:

- Accesibilidad a cualquier recinto con los módulos terminados con transporte pesado.
- Gran inversión inicial en la planta de producción industrial.

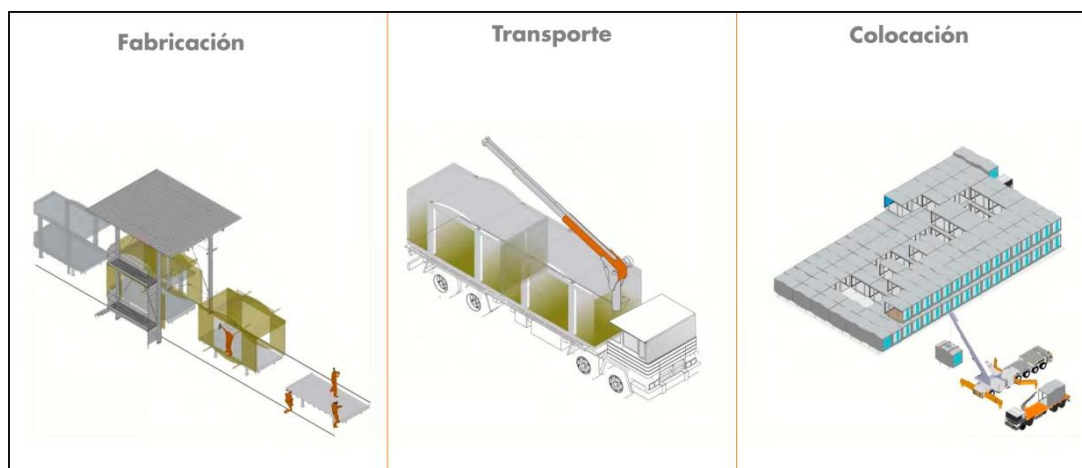


Ilustración 5. Industrialización

Una vez definidos y diferenciado ambos conceptos queda aclarar que, tanto Compact Habit como Obox, ambas empresas especializadas en construcción modular utilizan sistemas industrializados para la fabricación de sus módulos.

3.2. Caso 1.- Estudio y análisis de la propuesta de Compact Habit: *Proyecto 57 viviendas universitarias en el Campus de la ETSAV de Sant Cugat del Vallès (Barcelona)*

3.2.1. Definición Sistema eMii de Compact Habit

Se trata de un método sostenible y eficiencia de construir que permite dar flexibilidad a la arquitectura a la que se aplique, consistente en módulos prefabricados de dimensiones variables que pueden apilarse hasta una altura de 8 pisos. Se pueden realizar desde viviendas plurifamiliares hasta hoteles, residencias de estudiantes, oficinas, hospitales, etc.

Cada módulo eMii supone una unidad estructural del edificio. Se fabrica con una tecnología propia patentada siguiendo una cadena de producción y ensamblaje de cada uno de sus componentes, instalaciones y materiales en unos talleres de más de 7500m².



Imagen 28



Imagen 29



Imagen 30

- Ventajas del sistema:

1. Calidad y sostenibilidad

- Reducción 33% consumo de energía y emisiones CO2
- Maximiza el confort → Mejor aislamiento térmico y acústico
- Obtención certificación energética "A"
- Criterio de desconstrucción, control y reducción de residuos

2. Productividad y competitividad

- Producción industrializada → estandarización de materiales, componentes, soluciones y procesos constructivos
- La automatización simplifica la cadena, favorece las relaciones entre agentes
- Reducción del 70% plazos de construcción → Edificio de 80 viviendas construido en 5 meses VS 18-24 meses construcción tradicional

3. Seguridad

- Reducción del 85% siniestralidad laboral → estandarización y automatización de los procesos constructivos y especialización de la mano de obra

4. Flexibilidad

- Gran diversidad de tipologías → Construcción de cualquier edificio constituido a partir de unidades repetitivas
- Unidad máxima del módulo: 75m². La unión de varios módulos → mayor tamaño
- Mayor ventaja → desde hipotética ampliación futura hasta su desconstrucción y, en su caso, reubicación

5. Reducción de costes

- Economía de escala
- Ahorro financiero
- Reducción de costes → Reducción de plazos y planificación exhaustiva de la logística de transporte y montaje

- La innovación del sistema se basa en cuatro principios fundamentales:



Esquema 3. Innovación del Sistema

La sistematización y la industrialización de la construcción requieren los siguientes **procesos**:

1. Trabajo en colaboración con el equipo técnico redactor del proyecto para conseguir la máxima optimización de los procesos industriales.
2. A partir del proyecto ejecutivo, Compact Habit lo redibuja y adapta a la metodología industrial y a sus propios procesos.
3. Después de la validación del proyecto, Compact Habit inicia los trabajos de gestión de compras, almacén y organización del inicio de producción.
4. Inicio de la producción, organizándose los trabajos en 5 áreas:
 - a) **Producción del módulo** de hormigón donde se realizan los trabajos de armaduras, modelado y hormigonado.
 - b) **Línea de montaje.** Zona donde se colocan los módulos de hormigón y se desplazan a lo largo de la nave a un ritmo de 2 módulos por día producidos.
 - c) Al final de la línea de montaje se establece la zona de **control de calidad** y reparación de incidencias
 - d) Superado el control de calidad, el módulo totalmente acabado y equipado se prepara para su almacenaje y transporte, finalizando con un **embalado total**.
 - e) **Almacenaje** de los módulos en la zona externa a la nave, hasta el momento del transporte.

Las principales *características tecnológicas* aportadas para el desarrollo del sistema eMii son:

1. Máquina para el moldeado de módulos tridimensionales de medidas máximas 15x5x3.5 m³.
2. Hormigón autocompactante de 50MPa con una resistencia mínima de 20MPa en 5h30'.
3. Procedimiento de ejecución del módulo de hormigón para una producción de $2 \times 75 = 150 \text{ m}^2/\text{día}/\text{máquina}$.
4. Estructura elástica en la configuración de edificios. Cada módulo es “flotante” respecto a los contiguos.

5. Uniones elásticas entre módulos resistentes al fuego, con propiedades acústicas y sísmicas.
6. Sistema de montaje en seco con posibilidad de desmontaje.
7. Sistema de cimentación *in situ* o industrializada.
8. Procedimiento de línea de montaje para el equipamiento interior y exterior de los módulos.
9. Procedimiento de transporte y manipulación de módulos.

- El proceso:

1. El proceso parte de la **fabricación** del módulo tridimensional monolítico de hormigón armado que constituye la unidad compositiva y estructural del futuro edificio.

El módulo de hormigón es la pieza que mediante su acopio permite la construcción del edificio. Para conseguirlo, éste tiene que ser suficientemente rígido para dar estabilidad global al edificio y esfuerzos horizontales de viento y sismo. Este conjunto se comporta como los forjados unidireccionales y las paredes de carga donde cada tramo vertical se encuentra empotrado en sus forjados superior e inferior. Las paredes adquieren una gran solidez del conjunto, trabajando nervaduras con zunchos horizontales y pilares verticales. Como consecuencia de su esbeltez, los nervados se traban con una losa de 52mm que, además, controla el pandeo e incrementa la inercia convirtiéndolos así en perfiles con geometría de T con un alza superior muy ancha. La solución de apoyos elásticos funciona perfectamente para esfuerzos verticales y el caso de fuerzas horizontales, la solución desarrollada por Compact Habit consiste en conectar los módulos transversalmente, manteniendo la condición de independencia. Básicamente se puede decir que el sistema estructural se compone de:

- Módulo de hormigón
- Apoyos
- Uniones mecánicas entre módulos

Más información sobre las características de la cimentación:

Anexo 1 Doc. 01 página 152.

Anexo 2 Doc. 02 página 153.

Una de las principales peculiaridades de estos módulos es el **sistema estructural flotante**, con grandes ventajas respecto a los sistemas de construcción tradicional. Como elemento estructural que conforma el edificio y permite múltiples variables en lo que se refiere a dimensiones y aperturas, el diseño y las características del hormigón armado de alta resistencia, permite soluciones estructurales con mucha exigencia de carga. Se pueden construir edificios de hasta 8 plantas sin el apoyo de ningún elemento rígido que resuelva los esfuerzos horizontales. Para alturas superiores, Compact Habit propone soluciones basadas en canalizar los esfuerzos horizontales hacia núcleos rígidos (escaleras, ascensores...). Este sistema se basa en un acopio entre piezas metálicas insertadas en el hormigón con elementos elásticos integrados que garantizan la transmisión de las cargas horizontales. Las cargas verticales se resuelven mediante las uniones elásticas distribuidas bajo los nervios del módulo que permiten asegurar la elasticidad y la flexibilidad del edificio. Para controlar el reparto de las cargas de viento y unificar el comportamiento del edificio, se colocan unas uniones elásticas en el plano de fachada. Estas piezas se encargan de garantizar que el edificio oscile controladamente en caso de sismo. Todas estas uniones se realizan en seco y permiten un montaje y desmontaje fácil. La capacidad de resistencia sísmica para este sistema se ha dimensionado en base a la norma NCSR-02 española y los Eurocódigos.

La resistencia de 50 MPa del hormigón y el acero B500-S hacen posible una gran capacidad portante. De la misma forma, el propio sistema se puede adaptar a distintas exigencias de carga, en función de las condiciones de uso previstas para el edificio o las condiciones de ocupación y otros equipamientos mediante la gestión del armado en función del cálculo y las posibilidades de refuerzos, así como con el aumento de las secciones resistentes.

En relación al peso del sistema constructivo, éste resulta más ligero que otras soluciones tradicionales con hormigón armado y obra de ladrillo, con una reducción del 30%.

En cuanto a elementos estructurales complementarios cabe destacar:

- a) **Apoyos elásticos:** tienen gran capacidad estructural a base de cojines compactos, una gran durabilidad y un buen comportamiento frente al fuego con garantías a largo plazo.
- b) **Concepto estructural:** el comportamiento de transmisión de los esfuerzos es lineal, como si de una pared de carga se tratase. Para conocer este concepto se dividirá la

longitud de la zona de apoyo o pared en tramos de 90cm que corresponderán con los puntos de contacto o apoyo.

- c) **Uniones entre módulos y cimentación:** se trata de las 4 piezas de unión transversal situadas en los ángulos superiores y que dan a las fachadas. Estas piezas, mediante conexiones mecánicas, permiten conducir las cargas y resolver el deslizamiento de un módulos respecto a otro. La solución es aplicable a todos los niveles incluso en la unión con la cimentación.
- d) **Cimentación:** como base del inicio del edificio, la precisión es esencial en el momento de la nivelación de los apoyos. Según el tipo de edificio, Compact Habit plantea soluciones distintas. Plantea la posibilidad de utilizar soluciones tradicionales o soluciones semi-industrializadas, mediante la utilización de una jácena prefabricada de hormigón.

Más información sobre las características de la cimentación:

Anexo 3 Doc. 03 página 154.

Anexo 4 Doc. 04 página 154.

En la **cadena de montaje**, el módulo recorre las sucesivas estaciones de ensamblaje en las que cada industrial incorpora los elementos necesarios hasta **conseguir el producto final**: “módulo de edificación industrializado” completamente **equipado, precintado** y con el certificado **de calidad** que le otorga la trazabilidad y la incorporación de los estrictos procesos de control de calidad a los que está sometido.



Imagen 31



Imagen 32



Imagen 33



Imagen 34

2. Se transportan los módulos de edificación industrializados al solar de destino mediante transporte especial limitado a 5m de anchura máxima y 4,5m de altura, llegando a longitudes de hasta 40m una vez finalizado el proceso de producción en la cadena de montaje, donde **previamente se habrá construido la cimentación** o la base de apoyo.



Imagen 35



Imagen 36



Imagen 38



Imagen 37

3. En el **montaje** de un edificio se diferencian dos fases: cimentación y apilamiento de los módulos. El tipo de cimentación depende de la solución más adecuada según las características del terreno y del proyecto. En general, el primer paso consiste en definir los **niveles de cimentación** y en marcar **los ejes de replanteo**. Posteriormente, se **excava el terreno**. Hasta aquí, se comprueba que el procedimiento es el mismo o similar al de una obra tradicional.

A continuación, gracias a los utillajes específicos de cimentación, se replantea la nivelación de las jácnas de cimentación para posteriormente recibir los módulos de hormigón. Se hormigona la cimentación *in situ* garantizando monolitismo con las piezas industrializadas. Es importante comprobar taquimétricamente el nivel de la superficie de apoyo de los módulos. El sistema permite ubicar los módulos tanto sobre la planta sótano como sobre la planta baja, construidas con sistemas tradicionales o industrializados, permitiendo la convivencia entre la construcción modular y la tradicional.

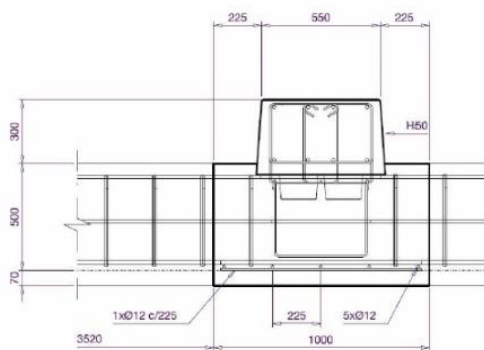


Ilustración 6. Detalle de la conexión de la viga de cimentación en cimentación *in situ*

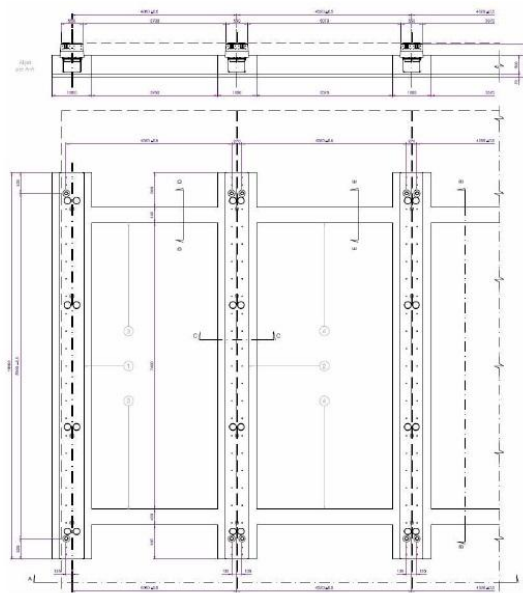


Ilustración 7. Vista general de una cimentación resuelta con la viga de cimentación del sistema Compact Habit®

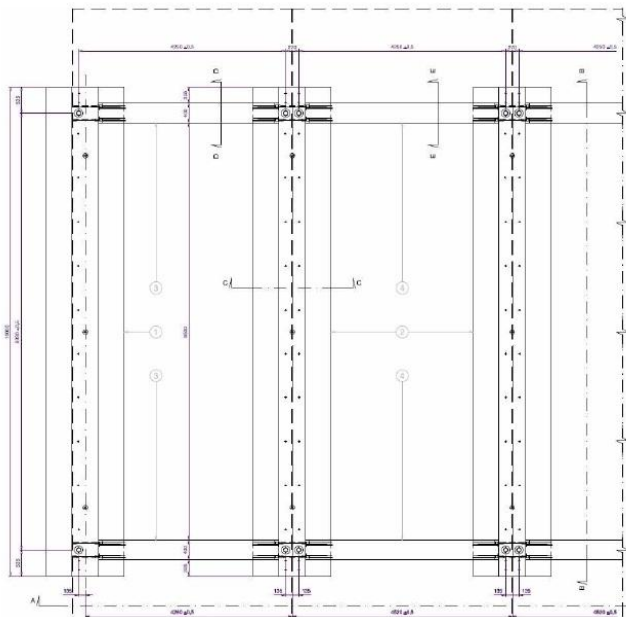


Ilustración 8. Vista general de una cimentación resuelta con la cimentación prefabricada del sistema Compact Habit®

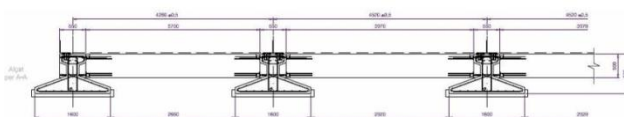


Ilustración 9. Sección vertical de la cimentación prefabricada del sistema Compact Habit®

Finalmente, la colocación de los módulos se realiza con la ayuda de una **grúa de gran tonelaje** y **dimension y operarios especializados**. El proceso –rapidísimo– consiste en descargar el módulo del camión mediante dicha grúa, de derecha a izquierda, o, a la inversa, en función de la ubicación de la grúa, de la posición relativa de los módulos y de su recorrido de giro, que lo coloca en el lugar exacto. Este proceso se realiza con **mucha precisión** gracias a los elementos de posicionamiento previamente colocados en la base de apoyo. La operación de montaje permite **apilar unos 12 módulos al día**.



Imagen 39



Imagen 40

4. Finalmente **se conectan** todos los módulos a través de un **sistema mecánico de uniones elásticas**. El edificio está fraccionado desde la misma estructura y hasta el cierre de la fachada. Esto significa que todos los movimientos posibles tanto horizontales como verticales descritos anteriormente, quedan absorbidos por las mismas juntas y la flexibilidad del sistema.

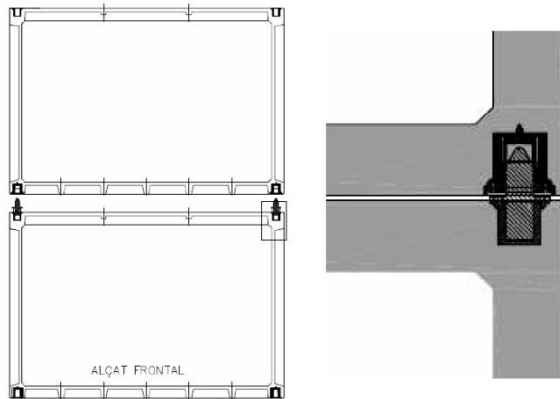


Ilustración 11.
Unión vertical entre módulos a través de los
conos de posicionamiento y cortante

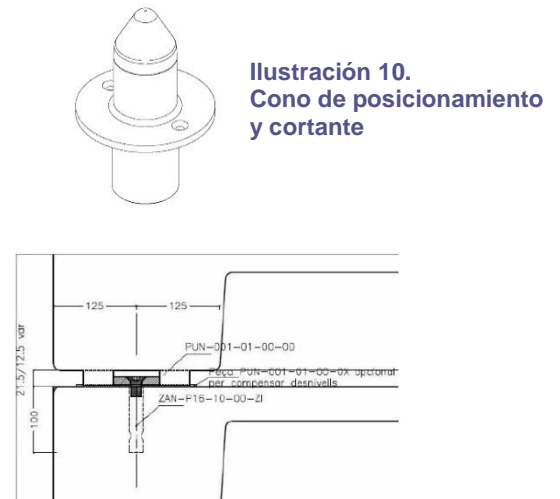


Ilustración 12.
Apoyo vertical entre módulos

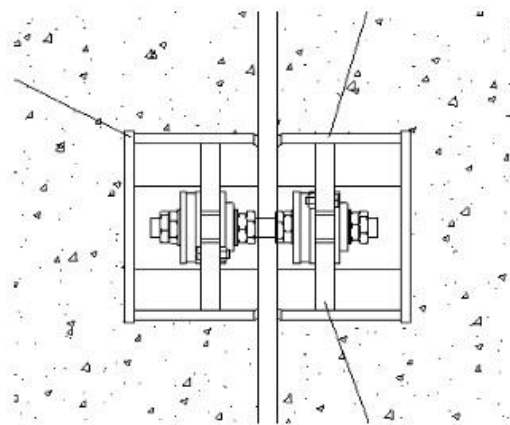


Ilustración 14.
Unión horizontal en cubierta
Unión horizontal entre módulos contiguos
lateralmente. Sol. 1

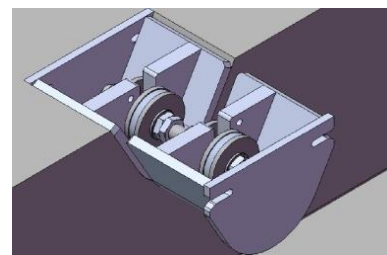


Ilustración 13.
Unión horizontal colocada en la
superficie superior horizontal del
módulo. Sol. 1

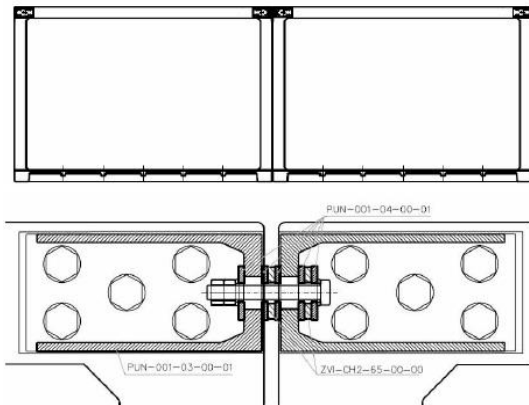


Ilustración 16. Unión horizontal en fachada.
Unión horizontal entre módulos contiguos lateralmente. Sol. 2



Ilustración 15.
Placas de unión horizontal entre módulos Sol. 2

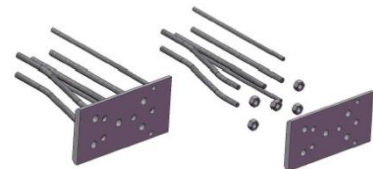


Ilustración 17.
Placas de soporte y unión

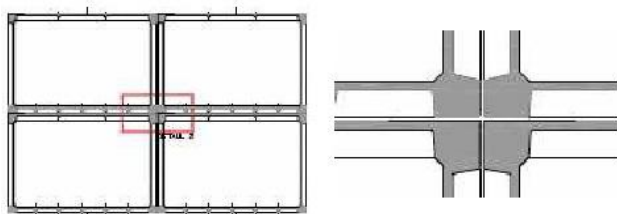
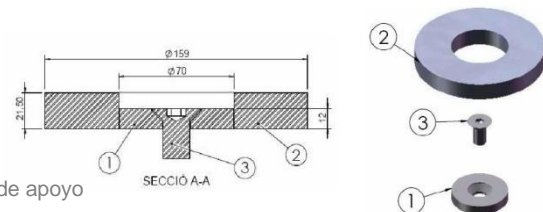


Ilustración 18.
Apilamiento doble de módulos.
Cámaras de aire entre módulos



1. Cazoleta de apoyo
2. Cojín metálico
3. Tornillo para fijar el conjunto al anclaje insertado al hormigón

Ilustración 19.
Conjunto de apoyos entre módulos

Se procede a la conexión de módulos y al sistema de instalaciones comunes del edificio (montantes de agua, bajantes, sistemas de evacuación de humos, conducciones eléctricas y de gas, comunicaciones...). Todo este proceso de conexiones se hace siempre **desde el exterior de los módulos** a través de unos armarios de registro de instalaciones quedando así ejecutado y concluido el edificio.

En caso de una reparación por motivos de siniestralidad como un incendio, únicamente se procede a la sustitución del módulo siniestrado por uno nuevo equivalente desensamblando los anclajes accesibles desde la fachada y con la grúa se desmontaría la parte del edificio afectada. Ésta es una ventaja frente a la construcción tradicional que requiere de grandes esfuerzos económicos y temporales en la misma situación.



Imagen 41



Imagen 42



Imagen 43

3.2.2. Descripción del proyecto susceptible de estudio

3.2.2.1. Descripción general

Datos generales del proyecto:

Situación: C. Pere Serra 1-15. Sant Cugat del Vallès (Barcelona)

Concesión: Universidad Politécnica de Cataluña

Promotor: UTE Constructora d'Aro y Compact Habit

Constructor: Constructora d'Aro

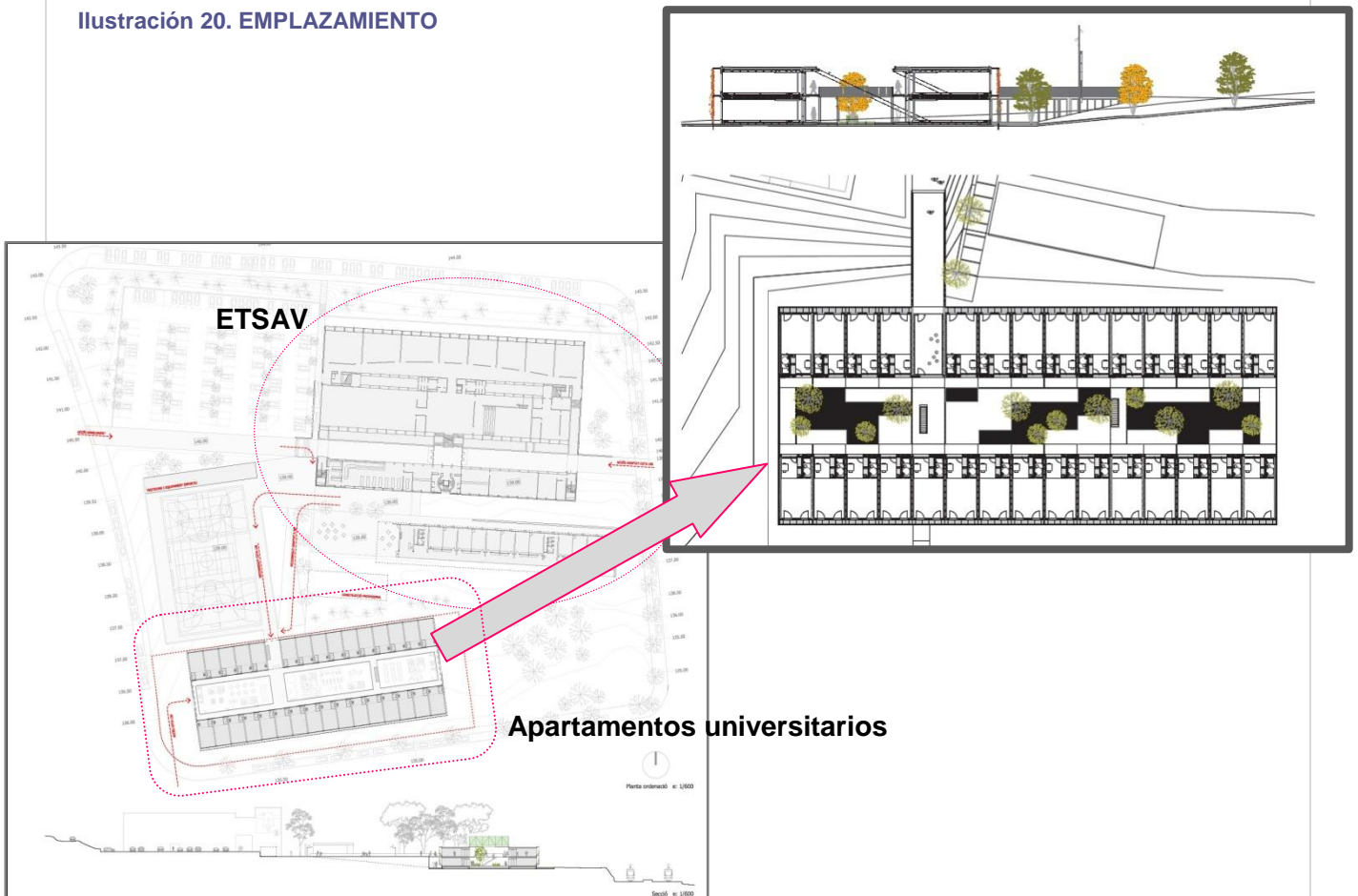
Arquitecto: H Arquitectes, SL y Data AE, SL

Actuación de 57 viviendas dotacionales de protección oficial para la comunidad universitaria.

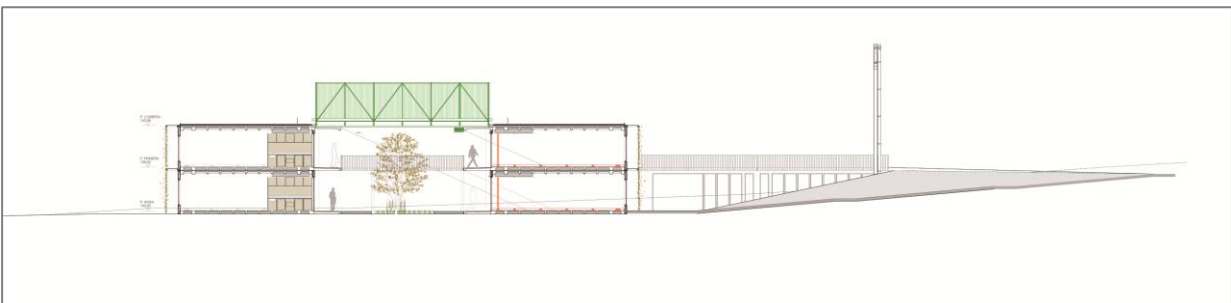
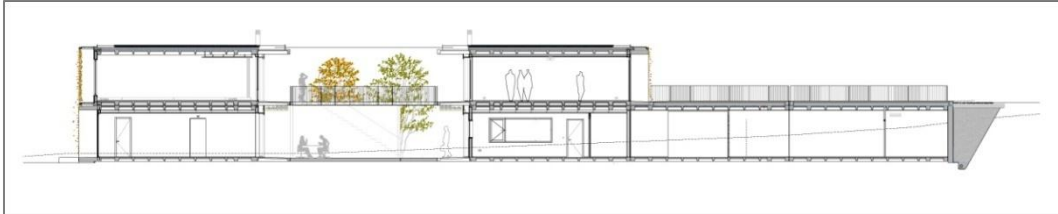
El edificio, situado en la misma manzana que la Escuela de Arquitectura del Vallés. Se organiza a partir de dos barras paralelas conformando un atrio o patio interior que, en una segunda fase, se prevé cubrir, dotando al edificio de un sistema de recuperación de calor y de un espacio para usos comunes.

Los edificios se componen de una planta baja y una planta piso. La posición del edificio pretende mantener el equilibrio entre los edificios existentes y los espacios exteriores así como priorizar la relación directa entre las viviendas y el campus con el suelo, propiciando el uso de los espacios exteriores y recorridos horizontales adaptados y sin ascensores.

Ilustración 20. EMPLAZAMIENTO



La topografía existente y la propia organización en doble barra permiten acercar todas las viviendas a la cota del suelo y potenciar un gran patio central donde, a modo de gran salón, se desarrollará la vida comunal. Este espacio central se cubrirá con cerramientos de invernadero convirtiéndolo en un atrio –espacio intermedio- bioclimatizado que permitirá mejorar la eficiencia energética del edificio.

Ilustración 21. SECCIONES TRANSVERSALES

El edificio se conforma a partir de 62 módulos de edificación industrializados, 57 de los cuales se destinan a vivienda y el resto a espacios comunitarios (conserjería, servicios, salas...).

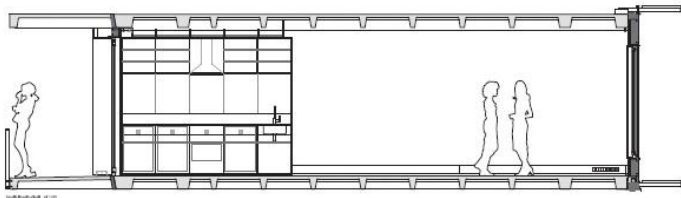
Mayor libertad en la apropiación del **hábitat** por parte del estudiante.

Ahorro económico en acabados **reinvertido en eficiencia** energética.

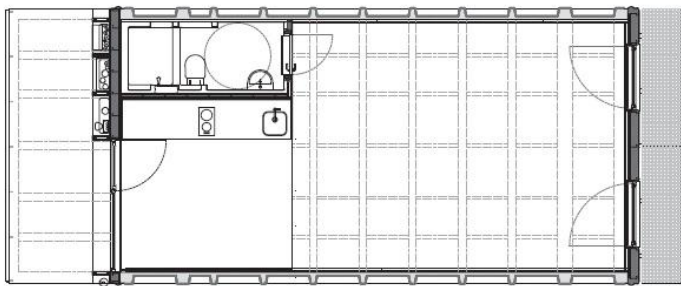
Expresividad más real y **pedagógica** de la construcción.

La propuesta intenta condicionar al mínimo la posible tipología bordeando los límites de la habitabilidad, ofreciendo solamente los **elementos mínimos necesarios y exigidos por normativa**, intentando no acabar completamente la vivienda para abrir nuevos ámbitos de oportunidad. Es decir, incidir en aquellas estrategias que consiguen la máxima calidad arquitectónica y ambiental a la vez que simplifican, reduzcan o reinviertan costes con el objetivo de hacer más cómoda y viable la habitabilidad y la gestión del edificio.

Ilustración 22. TIPOLOGÍA DEL MÓDULO EJECUTADO EN OBRA



Sección vertical



Planta

Descripción:

Cada módulo constituye una vivienda para uno o dos de unos 40 m² útiles que se organiza a partir de un núcleo de servicios formado por baño y cocina, liberando el resto

de la superficie como espacio vital para organizarlo libremente de acuerdo con las preferencias de los propios ocupantes.

Superficie total construida: 56 m²

Superficie útil aproximada: 40 m²

Dimensiones del módulo: 11,2m x 5,0m x 3,18m

La utilización de un **sistema modulado** basado en la industrialización de procesos es **determinante** en la elaboración del proyecto condicionando en positivo muchas **decisiones** para conseguir **optimizar y racionalizar el proceso**. La industrialización permite ahorrar tiempo, mejores garantías de control de ejecución, implantar sistemas en seco y minimizar los residuos del proceso de obra.

“Apostar por la utilización de un único tipo de módulo de vivienda prefabricada para cada edificio.”

H Arquitectes S.L.

El ahorro de tiempo es una de las ventajas de este sistema ya que permite el solape de tareas simultáneas a taller y obra.

3.2.2.2. Proceso de ejecución

El **tiempo de construcción** se desarrolló en las siguientes **fases**:

Datos de ejecución

Proyecto:	Diciembre 2009
Obra:	9 meses
Producción de módulos:	6 semanas
Acopio de módulos:	10 días

IN SITU

2 meses de trabajos “in situ” **

- Movimiento de tierras
- Cimentaciones “in situ”
- Cimentaciones con jácenas prefabricadas
- Zanjas de drenaje
- Zanjas de instalaciones
- Saneamiento
- Depósitos de aguas grises

*** Solape de trabajos y tareas simultáneas: avanzar trabajos in situ mientras se inicia la producción en fábrica.*



Ilustración 23
Movimiento de tierras y cimentación



Ilustración 24
Zanja de instalaciones



Ilustración 26
Movimiento de tierras y cimentación



Ilustración 25
Movimiento de tierras y cimentación

FABRICACIÓN

2 meses de producción de módulos en taller **

- Proyección del aislamiento exterior en el módulo
- Elementos prefabricados: WC y módulo sistema eMii de Compact Habit
- Núcleo de instalaciones registrables: WC y cocina
- Entramado ligero en fachadas
- Mobiliario interior con tablero fenólico
- Membranas contra infiltración del aire
- Fachada con chapa galvanizada exterior
- Fachada madera de tablero fenólico en el interior del patio

*** Montaje de módulos según sistema constructivo seriado e industrializado. Sistema eMii.*



Ilustración 27
Proyección aislamiento exterior



Ilustración 28
Instalaciones registrables



Ilustración 30
Entramado ligero en fachada



Ilustración 29
Mobiliario interior



Ilustración 31
Fachada chapa galvanizada exterior



Ilustración 32
**Carpintería madera con membranas
anti infiltración de aire**



Ilustración 34
Fachada chapa galvanizada exterior



Ilustración 33
**Fachada madera de tablero fenólico
en el interior del patio**

TRANSPORTE Y MONTAJE

2 semanas de transporte y
ensamblaje de los módulos en obra **

- Transporte de módulos a la obra
- Instalación de anclajes
- Montaje de módulos sobre base de cimentación con ayuda de una grúa de gran dimensión
- Red de instalaciones superficiales

*** Traslado de módulos a la obra mediante transporte especial y montaje de los mismos con una grúa de gran dimensión y mano de obra especializada.*



Ilustración 36
Transporte especial



Ilustración 35
Traslado a la obra



Ilustración 38
Instalación de anclajes



Ilustración 37
Colocación módulo sobre base de cimentación



Ilustración 40
Colocación módulo



Ilustración 39
Colocación módulo

Ilustración 41
Red de instalaciones
superficiales



ACABADOS GENERALES **

Tiempo restante

- Impermeabilización de la cubierta
- Plantación de la cubierta ecológica
- Detalles de fachada
- Plantación de vegetación en el interior del patio
- Instalación mallas para sombreado en fachada exterior
- Plantación de vegetación sobre mallas
- Mobiliario atrio

*** Queda pendiente la cubrición del atrio con invernaderos y vegetación cuyo tiempo de ejecución se prevé en 1 o 2 meses.*

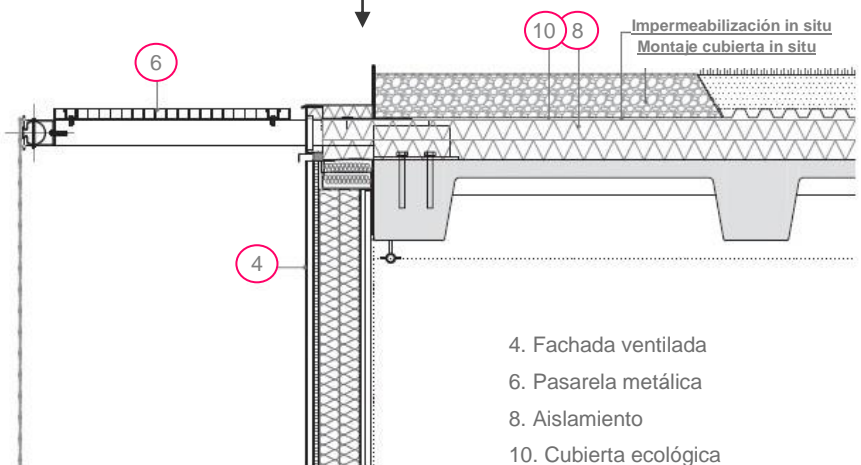


Ilustración 42
Detalle constructivo cubierta ecológica



Ilustración 44
Instalación malla para
sombreado exterior



Ilustración 43
Instalación malla para sombreado exterior



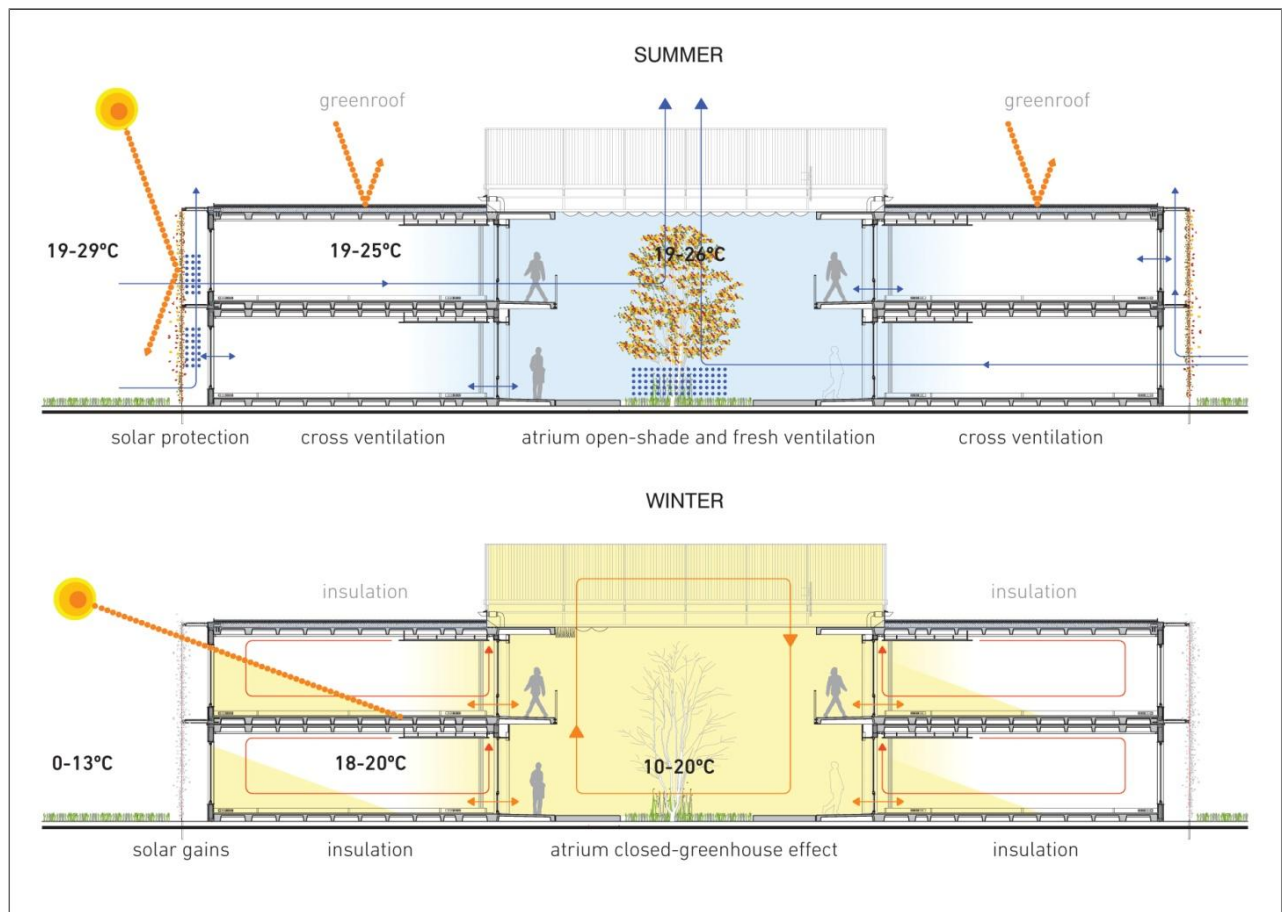
Ilustración 45
Vegetación patio interior



Ilustración 46
Atrio. Patio interior
cerrado en invierno



Ilustración 47
Atrio. Patio interior
abierto en verano



Esquema 4
Funcionamiento de la cubierta invernadero en el patio interior
para las estaciones de verano e invierno

Los elementos que complementan el edificio a nivel funcional, como es el caso de las escaleras y otros equipamientos (ascensores no hay), responden a soluciones técnicas adaptadas a este proyecto, priorizando los criterios de montaje rápido y de acuerdo con la secuencia de construcción del edificio.



Ilustración 48.
Escalera

Ilustración 49. Escalera

3.2.2.3. Soluciones low cost empleadas

La idea de “edificio no acabado” tiene una incidencia determinante en el resultado material del mismo. Por un lado, disminuye proporcionalmente su impacto ambiental por el hecho de “*hacer menos*”, es decir, de utilizar menos recursos materiales para la misma función, y, por otro lado, ofrece la oportunidad de una nueva expresión material más sincera o directa donde la *constructividad* del edificio se evidencia con mucha claridad.

A continuación se describen las soluciones low cost empleadas en cuanto a materiales y acabados se refiere:

- El módulo de hormigón original se presenta mayormente desnudo **aprovechando** positivamente su **materialidad**, su **textura** y su **inercia térmica**.



Imagen 44

Una de las grandes ventajas del sistema y que contribuye directamente en la mejora de la eficiencia térmica es que la estructura de uniones elásticas incorpora la rotura del puente térmico, lo cual garantiza un gran aislamiento.

Aunque la eficiencia energética del edificio depende directamente de la solución constructiva escogida, la máxima optimización acústica y térmica se consigue al hacer coincidir la unidad del módulo de hormigón con la vivienda. Esto permite separaciones físicas dobles (doble pared/doble forjado).

- Los pocos revestimientos interiores están formados principalmente por **paneles de madera contrachapada** que habitualmente se utilizan para el encofrado de hormigón y tienen la ventaja de ser un **material renovable** y que **se presenta en junta seca y sin necesidad de acabado final**.



Imagen 45

- Los armarios de cocina, del mismo material (paneles de madera contrachapada), se entregan **sin puertas** pero con muchos estantes móviles que **permiten economizar** y, a la vez, **reforzar** y ayudar a **expresar el uso** real de la vivienda.



Imagen 47



Imagen 46

- Las instalaciones se resuelven vistas (donde cabe la posibilidad) intentando ser muy didácticos en su implantación, es decir, siempre bajo un orden y limpieza.

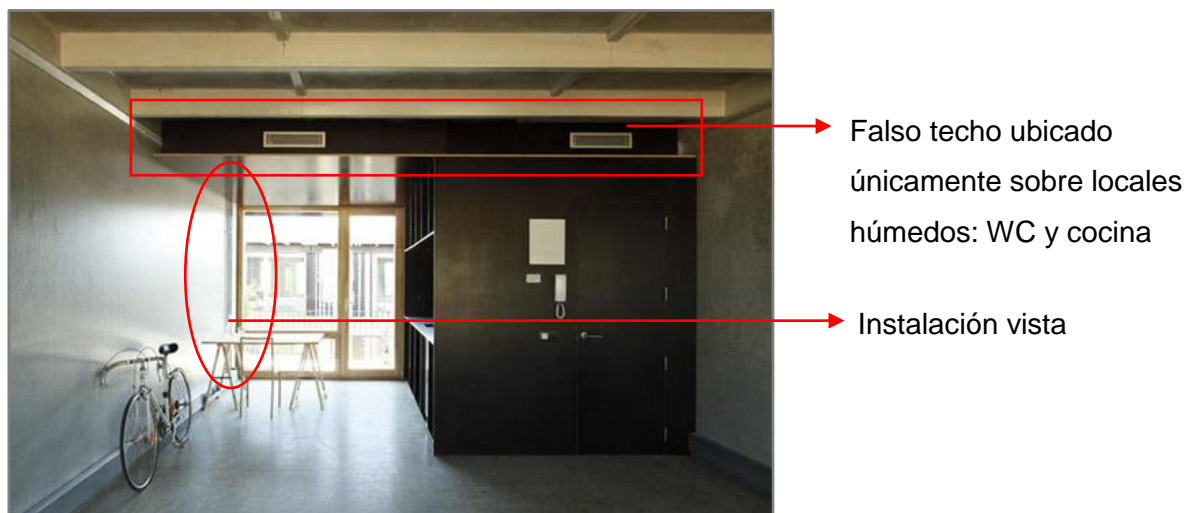


Imagen 48

- La tecnología de las fachadas responde directamente a una lógica industrializada de **construcción en seco, ligera y reversible** donde predomina un importante grosor de **aislamiento térmico** combinado con **membranas de estanqueidad transpirables** y **fachadas ventiladas**.
 - Las *fachas exteriores*, que están más expuestas a la intemperie, se resuelven con **chapa galvanizada plegada** para reducir peso y la cantidad de material no renovable. Como refuerzo a la exposición solar se utilizan soluciones constructivas que intentan frenar la radiación directa en verano en todos sus paramentos evitando sobrecalentamientos y ganancias por transmisión mediante el uso de fachadas ventiladas, protecciones solares reforzadas con mallas metálicas para plantas trepadoras y mediante una solución de cubierta verde tipo aljibe que ayuda a atenuar la radiación directa solar.



Imagen 49



Imagen 50



Imagen 51

- Mientras que, en las *fachadas interiores*, las expuestas al patio central y por tanto protegidas por el atrio, se apuesta por colocar los mismos **paneles de madera contrachapada**. Al cubrir el patio central con invernaderos para reducir de forma económica el factor de forma del edificio sin perder cualidades de espacio, ventilación y luz natural *en invierno*, se consigue aumentar la superficie de captación solar y simplificar el aislamiento térmico de la fachada al patio en términos de estanqueidad al aire y al agua. Se diseña para que genere un ciclo de ventilaciones mínimas normativas que hacen posible la renovación del aire del espacio interior atemperado reduciendo drásticamente las pérdidas térmicas por ventilación y recuperando calor con una tecnología totalmente convencional. *En verano*, la apertura cenital de los invernaderos facilita por efecto chimenea la ventilación por convección reforzando la ventilación cruzada de todas las viviendas. El confort térmico de esta época calurosa se refuerza por efecto refrescante de la vegetación de las fachadas y del atrio. Además, gracias a la importante inercia térmica interior de los módulos de hormigón, la ventilación nocturna permite hacer *free-cooling* pasivo almacenando el frescor de la noche.



Imagen 53



Imagen 52

3.2.2.4. Impacto medioambiental. Sostenibilidad

El ahorro en acabados, consiguiendo una vivienda de bajo coste, se reinvierte en mejoras de eficiencia energética (mejora del aislamiento, mejores acristalamientos, ventanas de madera...).

El resultado de las estrategias para mejorar la eficiencia energética del edificio en su conjunto incorporando desde la cubrición del atrio con invernaderos en invierno y vegetación en verano, las protecciones solares en las fachadas ventiladas en el exterior, explicadas anteriormente, la demanda de calefacción que funciona bajo circuito cerrado y centralizado que amplía la instalación existente en la ETSAV y que solo funciona en los periodos fríos del año con una difusión por aire mediante Fan-coil, hasta la producción de ACS mediante sistema autónomo propio de la residencia de micro generación cuyo calor residual produce la electricidad equivalente a todo el consumo eléctrico colectivo del edificio y, para los consumos individuales de cada vivienda se utiliza el sistema LEAKO que integra y contabiliza los consumos reales de calefacción, ACS y electricidad, permiten reducir la demanda energética hasta un 70% respecto un edificio de referencia estudiado por HARquitectes SL y DATA AE SL según CTE, lo cual permite adquirir el certificado provisional Minergie⁷ (el definitivo se obtendrá cuando esté en funcionamiento la cubrición del atrio) consiguiendo unos consumos estimados de 33.8 Kwh/m2a. Además, el proyecto cuenta con una certificación energética A ya que ha conseguido rebajar la demanda del edificio más de un 60%. También ha sido evaluado por VERDE GBC España consiguiendo 2.65 puntos equivalente a tres hojas VERDE.

⁷ Marca de sostenibilidad para edificios nuevos y rehabilitados.

En cuanto aprovechamiento del agua, el proyecto dispone de una red separativa de aguas pluviales que se almacenan en un depósito enterrado dimensionado para cubrir toda la demanda de agua de riego del edificio. También dispone de una red de aguas grises reutilizando las aguas de las duchas para las descargas de inodoros. Ambas instalaciones están preparadas para una futura conexión con la ETSAV que permitirá un intercambio muy favorable a nivel de campus ya que la residencia general un gran volumen de aguas grises provenientes de las duchas que podrían ser reutilizadas en los inodoros de la escuela.

Estas estrategias de reutilización junto con la reducción del 25% de la demanda mediante sistemas eficientes como los aireadores en los grifos, las descargas de menos caudal en los inodoros o la jardinería de plantación autóctona y de bajo mantenimiento (ecológica) permiten reducir más del 40% del consumo del edificio en agua potable, ahorrando entre 1500 y 2000 m³/año.

En la mayoría de los sistemas industrializados, el impacto ambiental derivado del consumo de energía, generación de residuos y emisiones de CO₂ en la producción de materiales) es mayor que en la construcción convencional. Sin embargo, en este caso que se analiza, gracias a criterios para el cierre del ciclo de materiales aplicados en el ciclo de vida del edificio como son

- la disminución de uso de materiales por unidad de servicio
- la sustitución de los productos habituales por reciclables,
- el uso de juntas secas y reversibles,
- la mayor durabilidad de la estructura,

ha podido verificarse, mediante un cálculo de impactos ambientales, que es significativamente inferior:

- hasta un 25% en emisiones de CO₂ en fase de producción de materiales,
- reducción del 50% de residuos en fase de construcción
- hasta un 75% en generación de residuos en fase de deconstrucción.

Es un edificio que, una vez terminada su vida útil, podría ser totalmente desmontado. Los módulos de hormigón y otros componentes podrían ser reutilizados y la práctica totalidad de sus materiales y sistemas podrían ser reciclados. El edificio dejaría de ser un producto para convertirse en un recurso. Seguramente, este potencial de reciclabilidad y reutilización es la característica más importante de este sistema modular. Su sistema de ensamblaje por apilamiento sin uniones rígidas y totalmente

desmontables permite imaginar y buscar soluciones para una futura utilización del mismo, ya para otro edificio ya para otro uso totalmente distinto.

3.2.2.5. Cuadro resumen

A continuación se recoge en un cuadro, a modo resumen, las características más significativas del Estudio Caso 1.

1. CIMENTACION Y ESTRUCTURA	2. CERRAMIENTO FACHADA Y CUBIERTA	3. TABIQUERÍA, REVESTIMIENTOS, PAVIMENTOS Y FALSOS TECHOS	4. CARPINTERÍAS	5. INSTALACIONES
CIMENTACIÓN.- 2 meses de trabajos in situ combinando trabajos en taller a) movimiento de tierras b) cimentaciones con jácnas prefabricadas c) cimentaciones <i>in situ</i> d) zanjas de drenaje e) saneamiento f) depósitos de aguas grises	FACHADA.- Dos tipos: <u>a) Fachada interior</u> (protegida por el atrio): acabado con entramado ligero a base de tableros contrachapados fenolicos de abedul multicapa de e=18mm con fijaciones metálicas recubriendo el entramado ligero de perfiles de acero plegados en frío + placa cartón-yeso 15+15/125/12,5 + barrera de vapor + placa acuapanel exterior con tratamiento en juntas. Marco estructural perimetral acabado en Zinc para fijación a la estructura de hormigón + membrana neopreno fijada a hormigón perimetral para estanqueidad acústica + EPDM perimetral para estanqueidad aire y agua + membrana PROCLIMA para estanqueidad al agua en la cámara de aire. <u>b) Fachada exterior</u> (expuesta a la intemperie): acabado con chapa galvanizada conformada con juntas de 3cm de espesor para fijaciones auto roscantes con junta de goma recubriendo el entramado ligero de perfiles de acero plegados en frío + placa cartón-yeso 15+15/125/12,5 + barrera de vapor + placa acuapanel exterior con tratamiento en juntas. Marco estructural perimetral acabado en Zinc para fijación a la estructura de hormigón + membrana neopreno fijada a hormigón perimetral para estanqueidad acústica + EPDM perimetral para estanqueidad aire y agua + membrana PROCLIMA SOLITEX WA para estanqueidad al agua en la cámara de aire. CUBIERTA AJARDINADA EXTENSIVA (ECOLÓGICA).- CAPAS: Plantas tipo SEDUM; Roca volcánicas; Capa substrato vegetal (ECOTER); Capa Separadora (DANOFELT PY-200); Capa retenedora (DANOFREN R-20); Capa separadora (DANOFELT PY-200); Aislamiento térmico (DANOPREN); Capa separadora (DANOFELT PY-300); Lámina impermeabilizante (DANOPOL FV 1.2). Losa nervada de HA aligerado sobre módulo prefabricado+ rebosadero+ p.p. de grava+ sistema FALLNET (línea de vida).	DIVISIONES.- D01- Fachada patio acuapanel 12,5/125/15+15 yeso laminado; D02- Fachada exterior acuapanel 12,5/125/15+15 yeso laminado; D03- Yeso laminado 15+15/48/15+15. <i>Quando las divisiones y/o trasdosados cierran espacios húmedos o limiten ambientes al exterior se coloca en la cara interior una placa hidrófuga. Todas las cámaras se llenan con aislamiento de Lana de Roca LR de alta densidad con barrera de vapor.</i> TRASDOSADOS.- T01- Yeso laminado 15/48; T02- Yeso laminado 15/48/15. REVESTIMIENTOS.- R1- Tablero fenólico de madera contrachapada de e=18mm; R2- Hormigón visto; R3- Acabado pintado con pintura plástica; R4- Acabado pintado con pintura esmalte brillante; R5- Chapa acero inox.. mate; R6- Chapa galvanizada conformada. PAVIMENTOS.- P1- Hormigón visto; P2- Hormigón acabado antideslizante; P3- Hormigón armado acabado cepillado añadiendo polvo de cuarzo 150mm; P4- Enlistonado de madera de pino 120x40mm; P5- Mulch 5cm; P6- Prado hidrosembrado. TECHOS.- C1- Techo de cartón-yeso continuo; C2- Techo de cartón-yeso continuo hidrófugo; C3- Hormigón visto; C4- Techo de aluminio.	a) Carpintería patio interior: Conjunto de aperturas de madera laminada de pino acabado con tratamiento de Lasure transparente + perfiles Europa + herrajes GU, manillas tubo recto acero inox.. mate. Micro ventilación. b) Carpintería exterior: Conjunto de aperturas de madera laminada de pino acabado con tratamiento de Lasure transparente + perfiles Europa + herrajes GU, manillas tubo recto acero inox. mate. Incluido marco de madera de pino acabado con tratamiento de Lasure. TOTAL Nº VENTANAS Tipo 1 (F01-ext)= 114 Tipo 2 (F01-patio)=57 TOTAL Nº PUERTAS Acceso vivienda= 57	Sistema de instalaciones comunes del edificio: <i>(montantes, bajantes, conducciones eléctricas y de gas, telecomunicaciones...)</i> desde el exterior de los módulos a través de unos armarios de registro de instalaciones. Las instalaciones interiores que si pueden quedar vistas se resuelven siempre bajo un orden y limpieza exhaustivo.

Cuadro 2. Actuación Compact Habit en Apartamentos ETSAV

3.3. Caso 2.- Estudio y análisis de la propuesta de Obox Housing: *Proyecto Básico y de Ejecución Edificio de Fábrica de Módulos Prefabricados de Hormigón en Illescas (Toledo)*

3.3.1. Definición Sistema Obox

El **Sistema Obox** es un sistema de construcción basado en módulos Monolíticos de hormigón armado de 6x3m de dimensión, con un techo abovedado que le imprime una geometría característica y que cubre todos los aspectos del proceso constructivo de cualquier edificación susceptible de poder ejecutada modularmente. El sistema integra las siguientes fases:

1. **Diseño** de la arquitectura propia, definiendo el cometido y funciones de cada módulo;
2. **Producción** del módulo como unidad estándar;
3. **Transformación** para el cumplimiento de su objetivo específico proporcionándole los acabados establecidos en la fase de diseño;
4. **Transporte y montaje** en la ubicación definitiva.

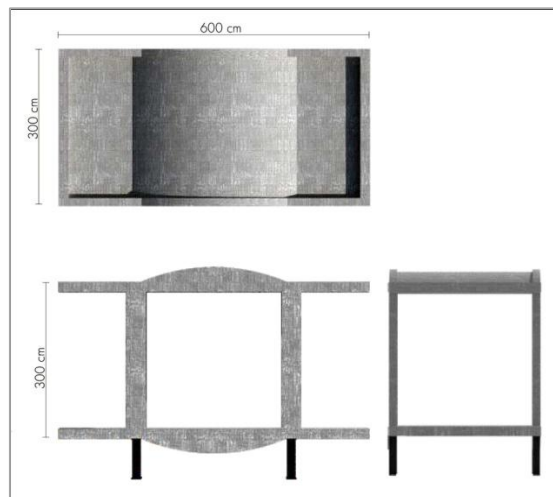


Ilustración 50.
Dimensión del módulo Obox

Permite acometer cualquier proyecto habitacional, ya sean viviendas plurifamiliares o unifamiliares, hoteles, residencias, albergues, hospitales, oficinas y cualquier otro tipo de edificación ya que el sistema ofrece gran versatilidad para dar respuesta a cualquier necesidad, es decir, es lo suficientemente versátil como para poder construir cualquier tipo de edificación donde la repetición de espacios sea predominante.

El proceso industrial de fabricación del módulo es realizado en cadena de montaje en un proceso similar al del sector automovilístico lo que permite:

- Proceso controlado.
- Reducción de costes.
- Centralización de materiales.
- Elementos modulares.
- Trabajo en cadena.

Los módulos son fabricados con una novedosa técnica a partir de hormigón armado gunitado⁸ aportando a la estructura gran resistencia al impacto, a la humedad, al fuego, a las variaciones térmicas, a los hongos y al ruido entre otras características. Por tanto, pertenece a la categoría de *prefabricados pesados* al estar hecho de hormigón, material robusto y con muy buen comportamiento frente condiciones críticas como terremotos, huracanes e inundaciones.

Este sistema de módulos permite crecer por adosamiento en todas las direcciones, incluso también en altura, así como la personalización y acondicionamiento a cualquier tipo de acabado en pavimentos, revestimientos, cerramientos, etc.

Existen infinidad de soluciones para infinidad de necesidades. Obox presenta algunas propuestas en su catálogo:



Imagen 54

Vivienda sin revestimientos añadidos, es decir, geometría de su estructura al descubierto. Tipología más económica.



Imagen 55

Este modelo surge del anterior. Se reducen las dimensiones de los huecos a partir de paneles de hormigón gunitado. Ofrece gran aislamiento acústico y térmico.



Imagen 56

Vivienda de revestimiento aplacado mediante materiales metálicos, sintéticos y plásticos.

La construcción industrializada permite modificaciones futuras en las fachadas de las viviendas.

⁸ Técnica que consiste en proyectar hormigón sobre cualquier superficie a altas presiones obteniendo continuidad, mayor resistencia, menor espesor y óptima impermeabilización debido a la baja porosidad.

El aplacado cerámico de la fachada permite una personalización de gran calidad. Se trata de una vivienda de gran carácter y fácil mantenimiento.



Imagen 57

El sistema de fachada con lamas verticales consigue una imagen de mayor altitud y esbeltez, otorgando una imagen moderna y contemporánea.



Imagen 58

El panelado exterior de este modelo confiere un carácter unitario y monolítico a la vivienda. Aspecto integrador y aséptico.



Imagen 59

- Apostar por la construcción low cost:

Obox da respuesta a la necesidad global de producir industrialmente viviendas de bajo coste con la fabricación de sus módulos monolíticos habitables de hormigón con patente y marca registrada a nivel mundial, accesible a la mayor parte de la población.

Una concepción clave es la **fábrica** como una unidad que ha de ser low cost para poder reducir los costes de inversión al máximo, es decir, éstas necesitan la preparación del terreno, las instalaciones de servicio y maquinaria específica que incluye el propio Sistema Obox, encofrados, pórtico Obox así como maquinaria estándar que incluye el pórtico grúa, la central de hormigonado y otra maquinaria auxiliar.

Ilustración 51.
Pórtico Obox



Ilustración 53.
Armadura del módulo



Ilustración 52.
Movimiento del pórtico

Esta maquinaria es susceptible de ser desmontada y trasladada cuando ya no es necesaria en esa planta de fabricación a otra. Cuanto más cerca esté la fábrica de la obra, menor serán los costes de transporte de los módulos terminados.

Actualmente Obox dispone de una fábrica operativa de construcción industrializada de módulos en Illescas, Toledo.

El diseño de estas fábricas consta de un núcleo cuyo alcance comprende las siguientes etapas:

- Producción del módulo
- Proceso de acabado y terminación en la cadena de montaje
- Almacenaje y transporte

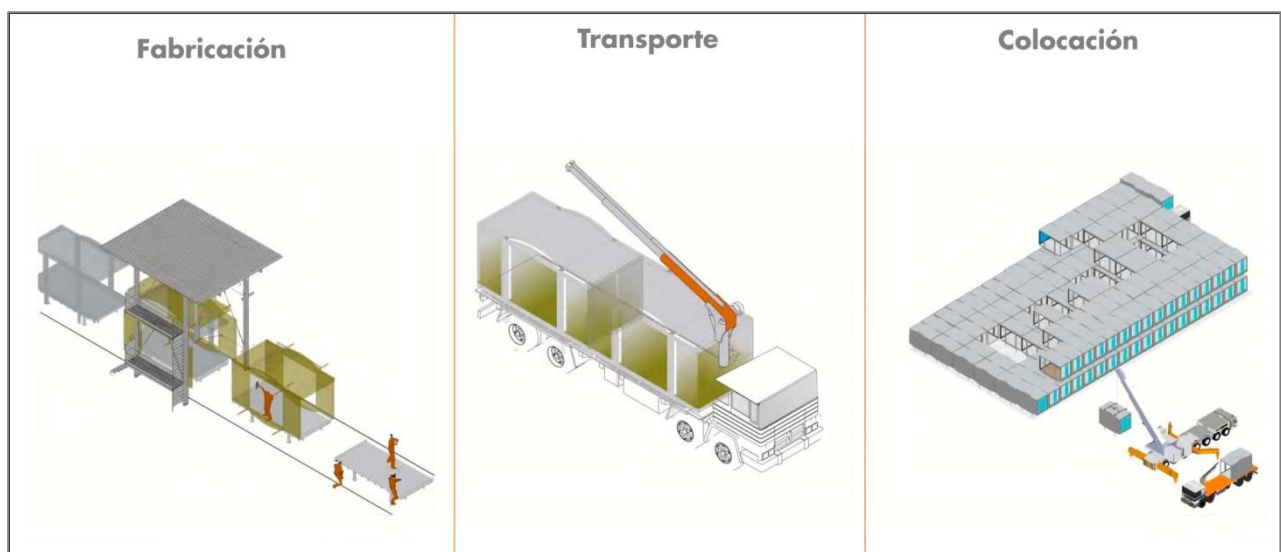


Ilustración 54.
Fases de producción

Aplicando el concepto *modular* estas fábricas también son escalables, es decir, son flexibles en cuanto a su adecuación a la capacidad de producción, pudiendo aumentarla según se instale un mayor número de cabinas de encofrado, exista mayor espacio para montaje de acabados y de almacenaje, y en determinados casos, la ampliación de la capacidad de transporte de los pórticos grúas internos de la fábrica.

Las fábricas requieren espacios reducidos, son de fácil y económica implantación (incluso a pie de obra) y la simplicidad del proceso de fabricación permite unos costes de operación y mantenimiento reducidos.



Ilustración 55. Fábrica

En cuanto la capacidad de producción de módulos al año, Obox plantea los siguientes tipos de fábricas:

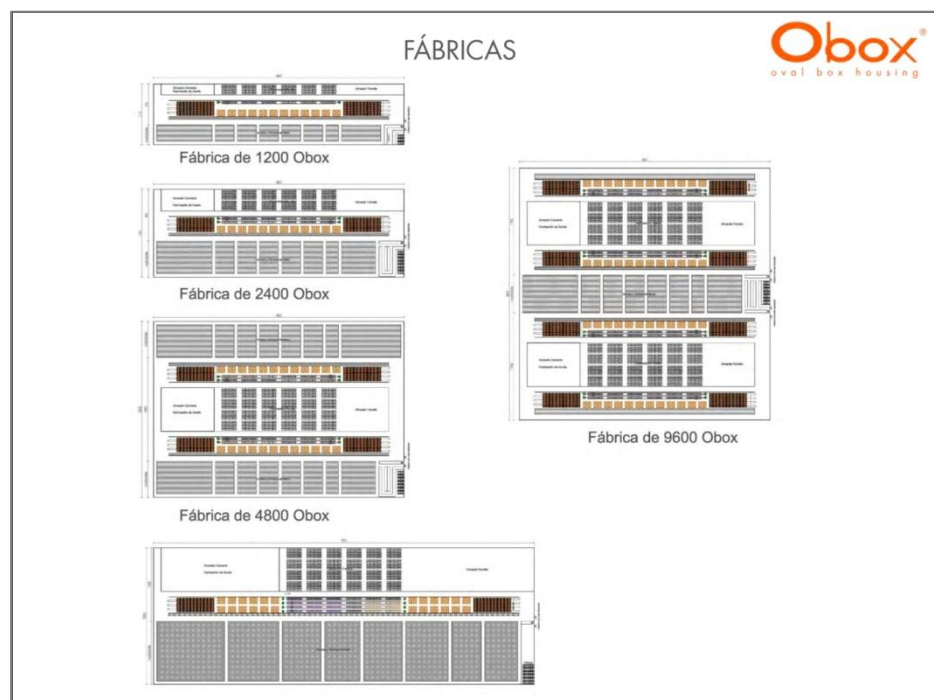
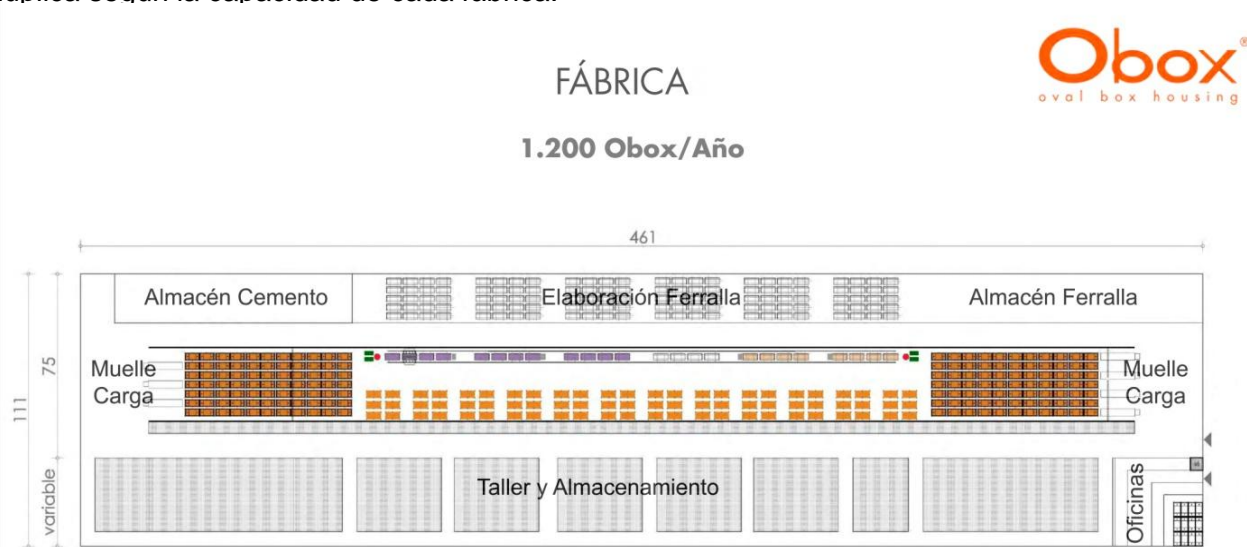


Ilustración 56. Tipos de fábricas

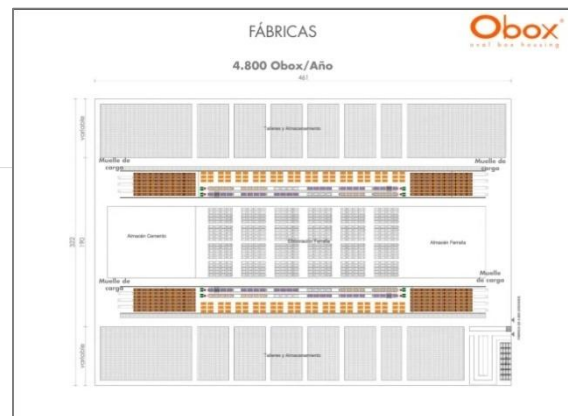
Como se observa en las siguientes ilustraciones, la producción de módulos Obox al año se duplica según la capacidad de cada fábrica.



**Ilustración 57. Fábrica de producción:
1200 Obox/Año**



**Ilustración 58. Fábrica de producción:
2400 Obox/Año**



**Ilustración 59. Fábrica de producción:
4800 Obox/Año**

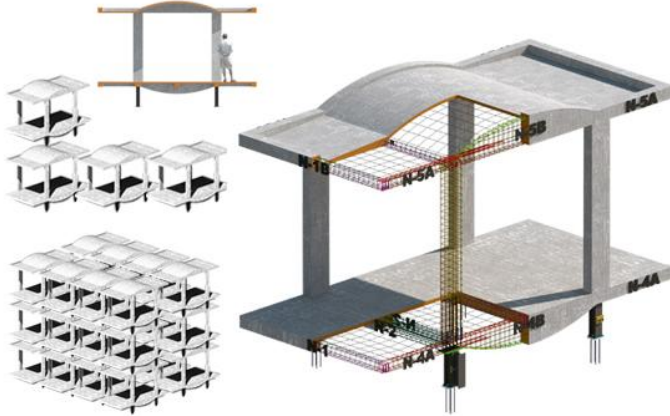


**Ilustración 60. Fábrica de producción:
9600 Obox/Año**



**Ilustración 61. Fábrica de producción
(Sistema largo): 4800 Obox/Año**

Los módulos aseguran la estabilidad y la permanencia de la vivienda reduciendo los precios en más de un 30% así como los plazos de ejecución en más de un 70% respecto cualquier sistema de construcción tradicional.



Permite realizar complejos ampliables y apilables de forma sencilla y rápida. Actualmente se ha desarrollado una tecnología que permite apilar hasta cuatro módulos.

Ilustración 62. Módulos apilables

La geometría inicial del módulo constaba de abovedamiento tanto del forjado superior como inferior. Posteriormente el estudio llega a la conclusión de que estructuralmente carece de función y se opta por mantener únicamente la bóveda superior para generar mayor espacio interior y conseguir reducir costes.



Ilustración 63. Origen del módulo Obox
Abovedamiento de los forjados superior
e inferior del módulo

Los módulos totalmente acabados son embalados y protegidos para ser transportados posteriormente por carretera hasta su lugar de ubicación donde se colocarán en su posición definitiva mediante una grúa móvil de gran tonelaje.



Ilustración 64. Transporte

La competitividad en costes se deriva de la aplicación del concepto de fabricación en cadena de montaje que, gracias a la repetición y estandarización de procesos, permite un abaratamiento muy importante en los costes de producción.

El acortamiento del ciclo de vida de la construcción de sus módulos corresponde también a una menor necesidad de financiación ya que el producto puede ser entregado y vendido mucho antes.

- Ventajas del sistema:

1. Calidad y sostenibilidad:

- Implantación de sistemas de control de calidad
- Novedosa técnica a partir de hormigón armado gunitado
- Construcción versátil e innovador diseño: optimización de espacios y configuración compacta
- Obtención de certificación energética "A"
- Deconstrucción y reducción de residuos

2. Productividad y competitividad

- Producción industrializada → Proceso controlado, centralización de materiales y elementos modulares
- Reducción del 70% en los tiempos de ejecución
- Reducción del 30% de los costes
- Ampliación de negocio en países de economías emergentes (Sudamérica, Oriente Medio y África)

3. Seguridad

- Reducción de la siniestralidad laboral → estandarización y automatización de los procesos constructivos y especialización de la mano de obra

4. Flexibilidad

- Gran diversidad de tipologías → Construcción de cualquier edificio constituido a partir de unidades repetitivas
- Unidad máxima/ módulo: 18m². La unión de varios módulos → mayor tamaño
- Mayor ventaja → desde hipotética ampliación futura hasta su deconstrucción y, en su caso, reubicación

5. Reducción de costes

- Menor necesidad de financiación
- Reducción de costes → Reducción de plazos. Reducción de costes de operación. Mantenimiento reducido
- Accesibilidad a la vivienda

- Innovación:

En edificación todo proyecto comienza con el diseño del mismo. Obox nace incorporando las características del módulo desde el principio. Proyectado y diseñado se procede a su construcción.

Es, en esta fase de construcción, donde surge la gran aportación de la empresa. La materialización del módulo en una planta de producción industrial, similar a la del sector automovilístico, aplicando todas y cada una de las ventajas que cualquier proceso industrial acarrea, ya que, la producción industrial es clave en todos los beneficios inducidos de esta forma de fabricaciones.

La gran diferencia entre el Sistema Obox respecto a otras alternativas existentes en el mundo de los prefabricados es, precisamente, la industrialización, el poder construir y, sobre todo, terminar completamente en la planta de producción industrial todos los capítulos y aspectos que un proyecto de edificación incluye (cerramientos, carpinterías, instalaciones, pavimentos, pinturas y revestimientos, etc.) de manera que permite que el módulo sea casi habitable en la fábrica. Será habitable al 100% cuando se complete con los otros módulos diseñados y fabricados para que juntos constituyan una vivienda o el tipo de edificación para el que se haya construido.

- El proceso:

A continuación se procede a la enumeración del procedimiento de ejecución desde que se diseña el módulo hasta que finalmente éste se convierte en una vivienda totalmente acabada y apta para ser ocupada por el futuro inquilino.

Hay que tener en cuenta que la empresa está en sus comienzos y, actualmente, solo dispone de diseños proyectados y no ejecutados. El único proyecto del que disponen ejecutado y que, en el siguiente apartado se describirá detalladamente, es el Proyecto Básico y de Ejecución relativo a su propia fábrica ubicado en Illescas, Toledo.

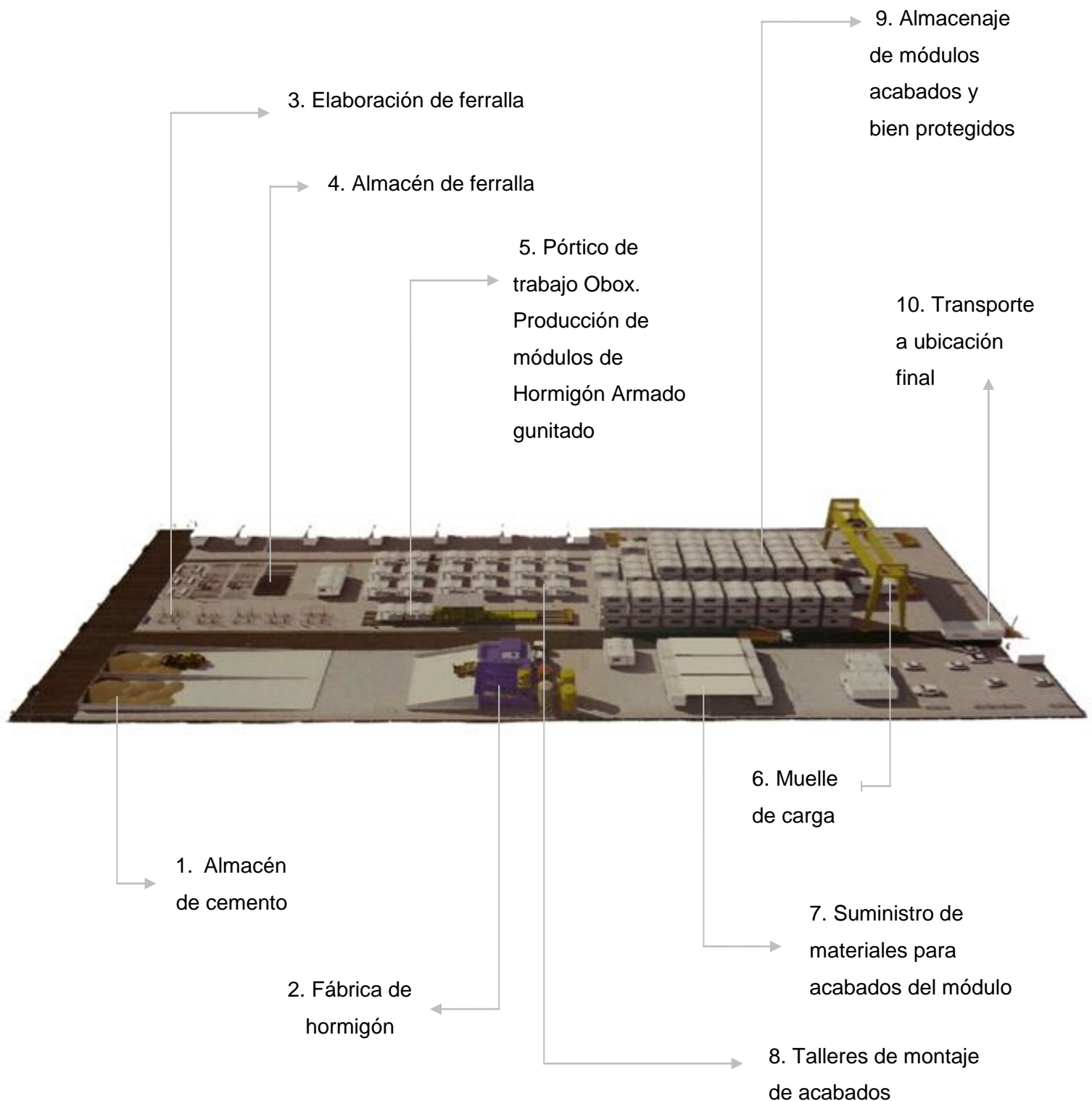


Ilustración 65. Esquema de funcionamiento de la fábrica

Simultáneamente a los trabajos de fábrica se realizan los trabajos *in situ* a pie de obra, consiguiendo, de esta manera, reducir tiempos de ejecución: movimiento de tierras, cimentación, zanjas de drenaje y de saneamiento, etc.

- Movimiento de tierras:

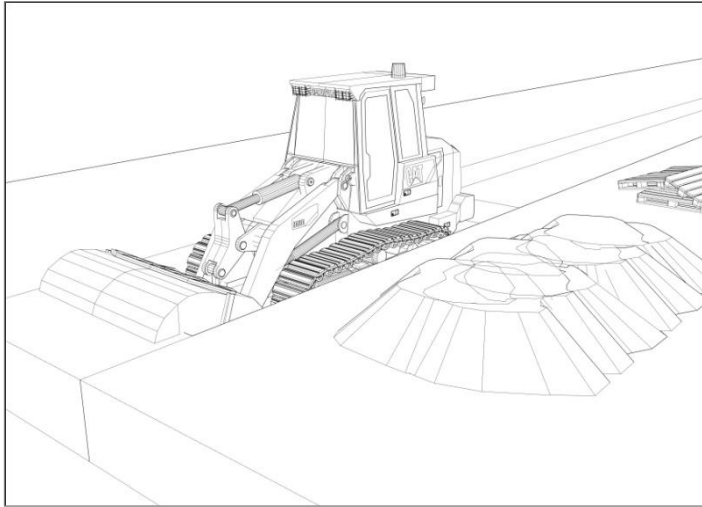


Ilustración 66.
Movimiento de tierras

- Cimentación:

- Edificación no solidaria con el terreno
- Edificación desmontable

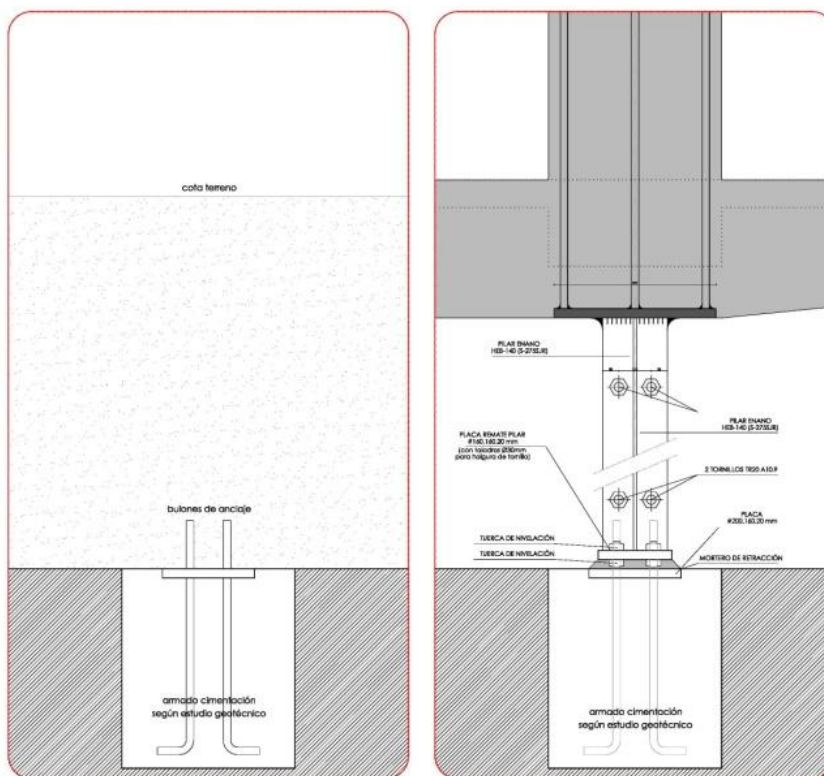


Ilustración 67.
Detalle de cimentación
(Imagen ampliada: Anexo 24 Pág. 166)

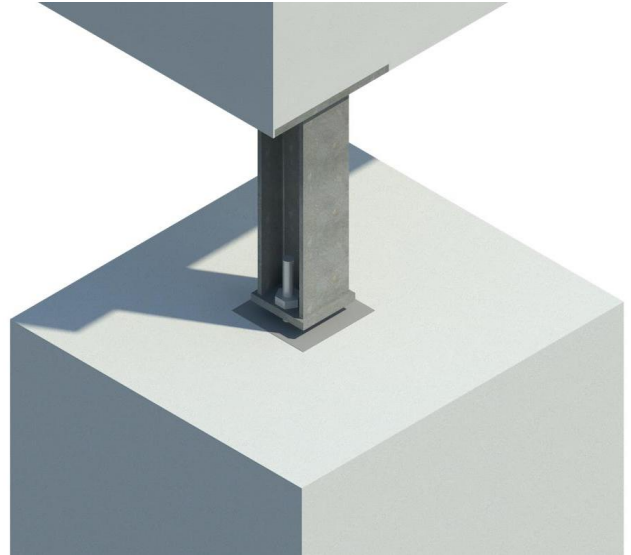
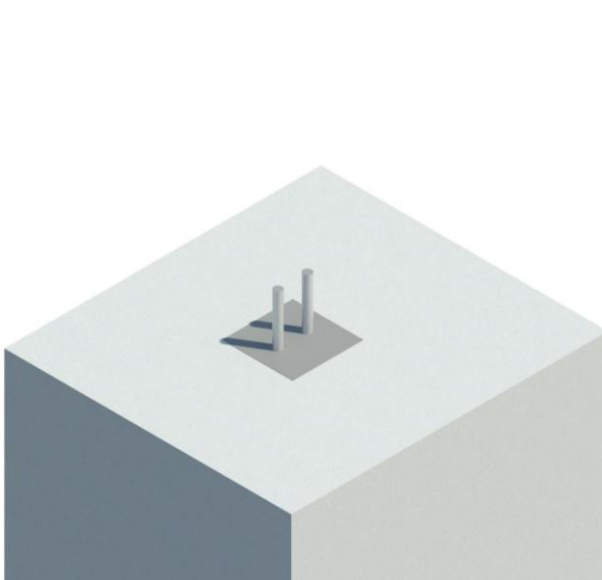


Ilustración 69.
Esperas en cimentación para acoplamiento posterior del módulo

Ilustración 68.
Edificación no solidaria con el terreno



Ilustración 71.
Sistema de ganchos para su colocación mediante grúa



Ilustración 70.
Sistema desmontable atornillado

3.3.2. Descripción del proyecto susceptible de estudio

3.3.2.1. Descripción general

Datos generales del proyecto:

Situación: Sobre parcela situada en la Av. del Comercio nº45, Polígono Industrial Valdelasilla, Illescas (Toledo)

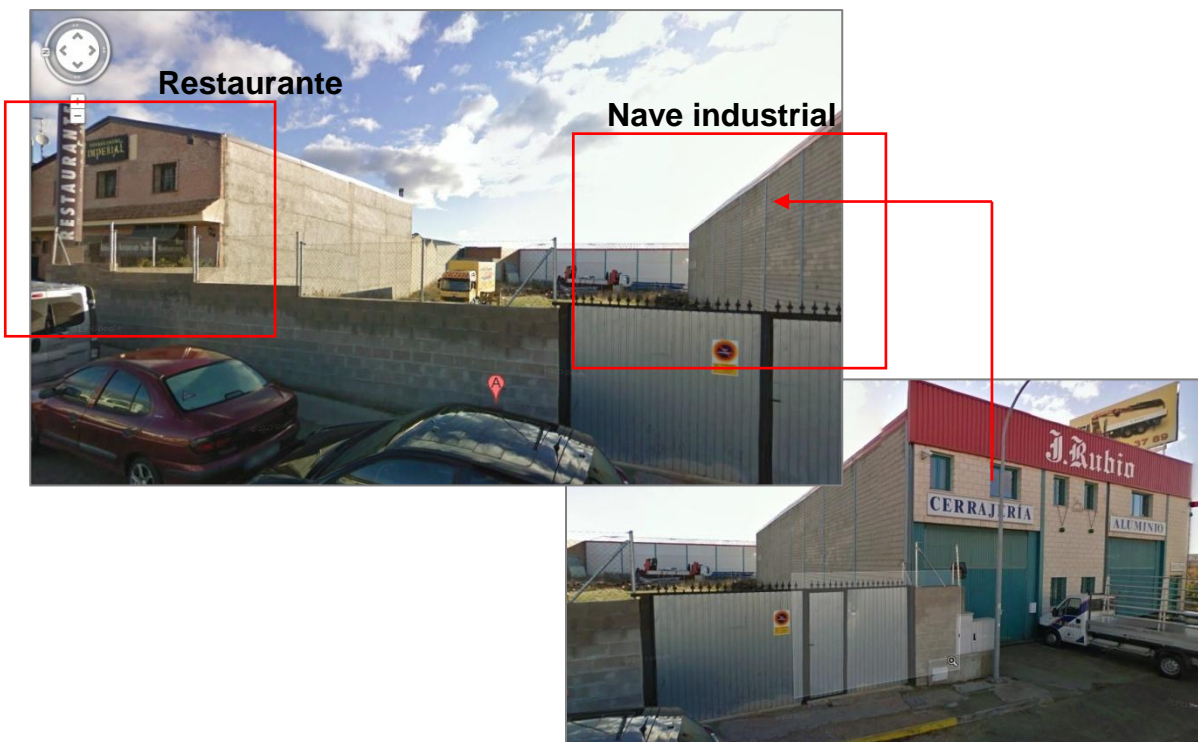
Promotor: Obox

Constructor: Obox

Arquitecto: Antón Arquitectos

El proyecto se realiza sobre la parcela en la Av. del Comercio, nº45 en el Polígono Industrial Valdelasilla en Illescas (Toledo). Tiene forma de trapecio de rectángulo. El lado más estrecho da a la propia Avenida. El resto a una nave industrial y a la medianera de un restaurante. El acceso a la parcela por la Av. del Comercio está orientado a Noroeste.

Ilustración 72. EMPLAZAMIENTO



El edificio de oficinas-almacén se sitúa en la parte derecha del solar, dejando hasta la zona de trabajo un paso de camiones que llegan a la zona de acopios quedando adosado a la nave vecina. El acceso se realiza desde el eje de entrada al solar (Avenida del Comercio). El acceso al interior del edificio se realiza mediante una rampa a las oficinas y unas escaleras al almacén, estando comunicadas desde el interior oficina y almacén.

El edificio se estructura en un solo bloque de una planta y, con el fin de recalcar la reducción de costes, el aspecto exterior es de bloque con acabado en hormigón armado, ventanas y huecos revestidos con chapa. Los materiales empleados pretenden, además de reforzar la idea de low cost, refuerzan la composición de los volúmenes y planos, las luces y sombras. El espacio interior es abovedado proporcionando mayor amplitud.

En definitiva el edificio muestra la sencillez de concepto y de construcción y su apuesta por la racionalidad constructiva y económica.



Imagen 60

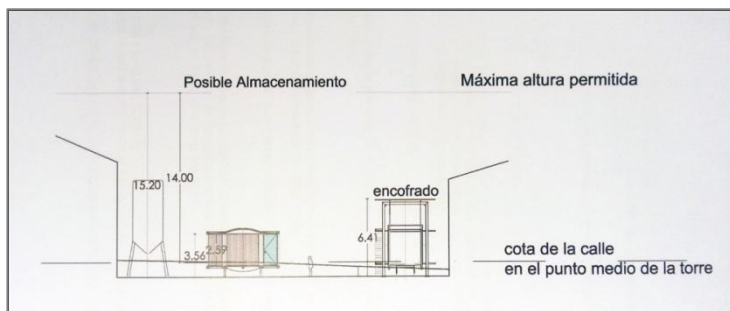


Imagen 61.
(Imagen ampliada: Anexo 25 Pág. 167)

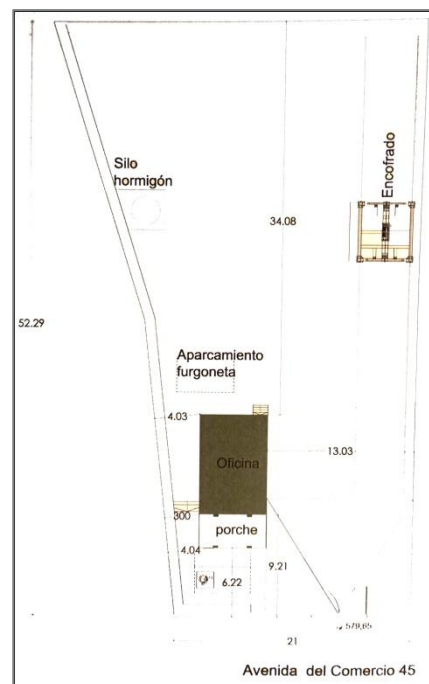


Imagen 62.
(Imagen ampliada:
Anexo 26 Pág. 168)

3.3.2.2. Proceso de ejecución

1. Sistema estructural

- La **cimentación** de la cadena de montaje y del edificio de almacenaje y oficinas se realiza mediante **zapatas corridas**, las cuales cuentan, como se ha visto en el detalle del apartado anterior, con los bulones de anclaje que permiten que la edificación no sea solidaria con el terreno.
- La **estructura portante** se resuelve con **hormigón armado**.
- Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural son: **resistencia mecánica y estabilidad, seguridad, durabilidad, economía, rapidez de ejecución, facilidad constructiva, modulación y las posibilidades de mercado**.

Basándose en las normativas EHE, EFHE y NBE-EA aseguran que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y para el uso previsto, de modo que no se produzcan en el mismo o en alguna de sus partes daños que tenga su origen o que afecten a la cimentación, vigas, pilar, forjados, muros u otros elementos estructurales que

comprometan de forma directa a la resistencia mecánica, la estabilidad del mismo o que se produzcan deformaciones inadmisibles.

2. Sistema envolvente

- La **cubierta** es curva y plana con pendientes para recoger las aguas pluviales. El acabado es de hormigón. Los parámetros técnicos en que se basa la elección del sistema son el cumplimiento de la normativa acústica NBE-CA-88 y la limitación de la demanda energética CTE-DB-HE-1, así como la obtención de un sistema que garantice la recogida de aguas pluviales y una impermeabilización correcta y adecuada.
- En cuanto al **cerramiento de fachada** éste consta de 10 cm de hormigón armado con capa de aislamiento de 6 cm de la mineral al exterior y acabado de mortero de cemento. Los parámetros técnicos en que se basa la elección del sistema son el cumplimiento de la normativa acústica NBE-CA-88 y la limitación de la demanda energética CTE-DB-HE-1.
- La **carpintería exterior** es de chapa de acero oxidada con acristalamiento de vidrio de seguridad de espesor 6/10/3+3.
- Para el ahorro energético y aislamiento térmico se tiene en cuenta lo establecido en DB-HE, de tal forma se consigue un uso racional de la energía necesaria para la adecuada utilización del edificio. Así mismo cumple con la UNE EN ISO 13 370 de 1999 "Prestaciones térmicas de edificios. Transmisión de calor por el terreno. Métodos de cálculo".
- El local consta de una envolvente adecuada a la limitación de la demanda energética necesaria para alcanzar el bienestar térmico en función del clima, del uso previsto y del régimen de verano e invierno.
- Las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar, permiten la reducción del riesgo de aparición de humedades por condensaciones intersticiales o superficiales que pueden perjudicar las características de la envolvente.
- Especial tratamiento en los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y evitar problemas higrotérmicos en los mismos.

3. Sistema de compartimentación interior

- Los parámetros técnicos en que se basa la elección del sistema son el cumplimiento de la normativa acústica NBE-CA-88 y lo especificado en el DB-SI. De esta manera, todos los elementos constructivos cuentan con el aislamiento acústico requerido para el uso previsto en las dependencias que delimitan, de tal forma que el ruido emitido o percibido no ponga en peligro la salud de las personas y les permita realizar satisfactoriamente sus actividades.
- La **tabiquería interior** es mediante tabiquería seca tipo Pladur con aislamiento acústico incorporado en el grueso de la perfilería. En las zonas húmedas se realiza con vidrio 5+5.
- En cuanto a la **carpintería interior**, las puertas son de dos tipos: de vidrio templado de 10 mm translucidas y de chapa.

Así mismo, el proyecto se ajusta a lo establecido en DB-SI para reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios del edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, asegurando que:

- los ocupantes puedan desalojarlo en condiciones seguras,
- se pueda limitar la extensión del fuego dentro del local y de los colindantes y
- se permita la actuación de los equipos de extinción y rescate.

4. Sistema de acabados

- Los **acabados** se escogen en base a criterios de confort y durabilidad.
- Los **pavimentos**, de hormigón acabado fratasado para reducir costes.
- Los **techos** se revisten con falso techo de Pladur, o similar, y en la zona del abovedamiento yeso proyectado.
- Los **revestimientos verticales** serán también de hormigón visto en algunos casos y, en otros, acabado en pintura.
- En definitiva, lo referente a la configuración de los espacios, elementos fijos y móviles que se instalan en el local se ajustan a lo establecido a DB-SUA reduciendo así a límites aceptables el riesgo de accidentes dentro de los fines previsto para su uso.

5. Sistema de acondicionamiento ambiental

- Tanto **materiales** como **sistemas** adoptados **garantizan** unas condiciones de higiene, salud y protección del medioambiente, de tal forma que se alcanzan las condiciones aceptables de **salubridad** y **estanqueidad** en el ambiente interior del edificio haciendo que éste no deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, garantizando una adecuada gestión de residuos, tal y como establece la normativa vigente.
- El conjunto de la edificación dispone de medios que impiden la penetración de agua o humedad inadecuada procedente de precipitaciones atmosféricas, del terreno o de condensaciones; medios que permiten la evacuación sin producción de daños y la extracción de residuos ordinarios generados mediante sistema público de recogida; medios para que sus recintos puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante su uso normal y expulsión del aire viciado por los contaminantes; medios adecuados para suministrar al equipamiento higiénico de agua apta para el consumo de forma sostenible aportando caudales suficientes para su funcionamiento, sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que puedan contaminar la red; medios que permiten el ahorro y control del agua; y, medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas de forma independiente con las precipitaciones atmosféricas.

6. Sistema de servicios

- La parcela donde posteriormente se construye la oficina de la fábrica consta de los siguientes servicios:
 - Abastecimiento de agua
 - Evacuación de aguas residuales y grises
 - Suministro eléctrico
 - Telecomunicaciones
 - Recogida de basura
- El local dispone de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de los usuarios y a la vez eficaces energéticamente disponiendo de un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como de un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en aquellas zonas que reúnan unas determinadas condiciones.

- La demanda de agua caliente sanitaria se cubre en parte mediante la incorporación de un sistema de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura adecuada a la radiación solar global de su emplazamiento y a la demanda de agua caliente del edificio.

Rampa de acceso a la
Oficina



Imagen 63

Configuración de la Oficina con módulos de
hormigón armado mediante Sistema Obox:

CUADRO DE SUPERFICIES ÚTILES	
<i>Planta Baja</i>	
Oficina	18,5 m ²
Almacén	11,45 m ²
Vestuarios	12,35 m ²
Comunicaciones	9,95 m ²
Total Sup. Útil P. BAJA	42,3 m ²
Porche 1 (50% de 17,50)	8,75 m ²
Porche 2 (50% de 4,70)	2,35 m ²
Total Sup. Útil exterior PB	11,1 m ²
TOTAL SUP. ÚTIL OFICINA-ALMACÉN	53,4 m²

Cuadro 4.
Cuadro de superficies útiles
(Ver ampliado en Anexo 27 Pág. 168)

CUADRO DE SUPERFICIES CONSTRUIDAS	
TOTAL CONSTRUIDO. Planta baja cota 579,8	60,70 m ²
TOTAL SUP. CONSTRUIDA OFICINA-ALMACÉN	60,70 m²

Cuadro 3.
Cuadro de superficies construidas.
(Ver ampliado en Anexo 28 Pág. 168)

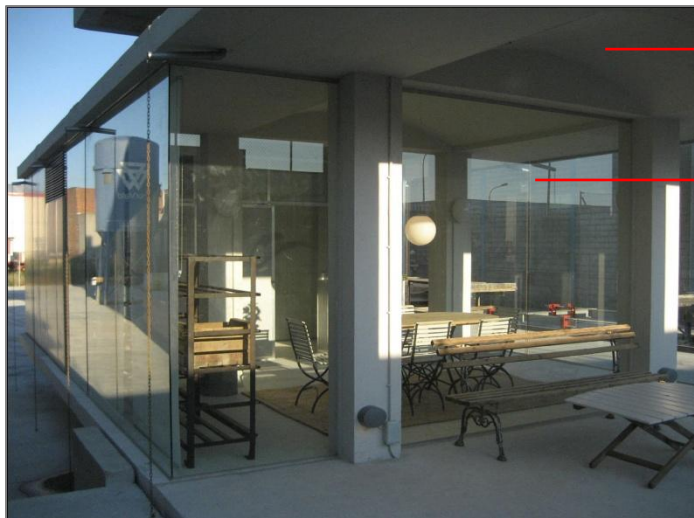


Imagen 64

→ Techo abovedado

→ Carpintería exterior de
acristalamiento de vidrio de
seguridad de espesor
6/10/3+3

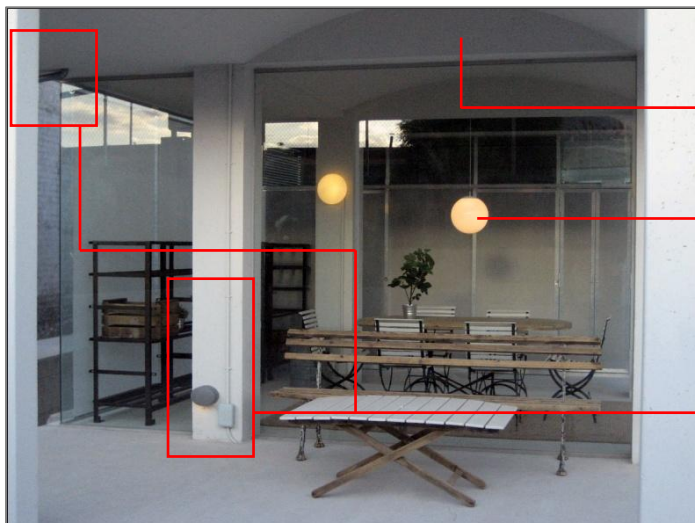


Imagen 65

→ Techo abovedado

→ Iluminación con sistema
de control para la
optimización energética

→ Instalación vista



Imagen 66

→ Estructura Sistema Obox
de hormigón armado
gunitado

→ Vidrio templado
translúcido de 10 mm de
espesor

→ Pavimento de hormigón
visto fratasado

3.3.2.3. *Impacto medioambiental. Sostenibilidad*

La construcción industrializada debe desembocar en un nuevo modelo de edificación ecoeficiente energéticamente con una clara orientación tanto hacia el usuario final como al proceso de construcción.

La aplicación de tecnologías, sistemas y procesos constructivos más innovadores y competitivos permiten garantizar mayores niveles de calidad y seguridad en la construcción, así como la mejora de la competitividad general del sector a través de su modernización y tecnificación.

La sociedad podría cuadruplicar su productividad sin consumir más recursos a través de la aplicación de las nuevas tecnologías más eficientes, un mayor uso del reciclaje y una mejor gestión y diseño.

Por un lado, desde el punto de vista del *proceso de producción*, Obox pretende mejorar la producción mediante su Sistema de producción en serie de módulos monolíticos de hormigón armado gunitado a través del encofrado móvil y el pórtico grúa para el movimiento de los módulos en sus diferentes fases de construcción. Posteriormente, en la cadena de montaje se realizan los acabos e instalaciones y una vez terminados los módulos se almacenan para su posterior transporte.

Todo este sistema, desde el inicio con el diseño hasta el final con la entrega de llaves permite reducir un 30% de los costes frente cualquier construcción tradicional principalmente por la reducción de los tiempos de ejecución en un 70% ya que se combinan trabajos en obra con trabajos en fábrica.

Cualquier sistema industrializado garantiza una mejora de gestión en todas y cada una de sus fases de producción. La estandarización de los procesos disminuye el uso de materiales por unidad de servicio, permite sustituir materiales habituales por reciclables, apostar por la construcción de junta seca y reversible, etc.

No hay que olvidar que este tipo de construcción cuyo montaje final en obra se lleva a cabo mediante uniones metálicas y que permiten, por un lado la ampliación de las construcciones por adosamiento y apilamiento de forma rápida y sencilla y, por otro lado, una posterior deconstrucción una vez acabada su vida útil ya que permite ser totalmente desmontado en el proceso inverso al de su producción sin generar residuos. Los propios módulos de hormigón podrían ser reutilizados y el resto de componentes reutilizados y

recicladados. Esta es una de las grandes ventajas del sistema industrializado. La reutilización y la reciclabilidad generan nuevas soluciones y oportunidades de diseño.

Y, por otro lado, desde el punto de vista *de las mejoras en calidad, confort y eficiencia energética a nivel del usuario final*, hay que destacar:

- La adecuada envolvente para alcanzar tanto el bienestar térmico en función del clima, del uso previsto y del régimen de verano e invierno, como el ahorro económico que supone a largo plazo por la reducción de la demanda energética.
- Las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar que permiten una reducción del riesgo de aparición de humedades por condensaciones que pueden perjudicar a la envolvente.
- El uso de una iluminación adecuada con sistema de control de regulación para ajustar el consumo en función a la necesidad de iluminación y aprovechar la luz natural.
- La demanda de agua caliente sanitaria cubierta mediante la incorporación de un sistema de captación, almacenamiento y utilización de energía solar de baja temperatura, adecuada a su emplazamiento así como suministrar al equipamiento higiénico de agua apta para consumo de forma sostenible aportando los caudales suficientes para su funcionamiento sin alteración de las propiedades de aptitud para el consumo e impidiendo los posibles retornos que pueden contaminar la red incorporando medios de ahorro y de control del agua.
- Incorporar medios adecuados para extraer las aguas residuales generadas de forma independiente con las aguas pluviales que pueden ser reutilizadas para el riego de plantas y vegetales.

Es por todo ello que la construcción industrializada permite mejorar nuestro entorno, contribuir de forma sostenible y eficiente con el medio ambiente.

3.3.2.4. Cuadro resumen

A continuación se recoge en un cuadro, a modo resumen, las características más significativas del Estudio Caso 2.

1. CIMENTACION Y ESTRUCTURA	2. CERRAMIENTO FACHADA Y CUBIERTA	3. TABIQUERÍA, REVESTIMIENTOS, PAVIMENTOS Y FALSOS TECHOS	4. CARPINTERÍAS	5. INSTALACIONES	EDIFICIO DE FÁBRICA-ALMACÉN-OFICINA DE MÓDULOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARMADO EN ILLESCAS (TOLEDO)
CIMENTACIÓN: Trabajos combinados en obra y fábrica: a) Cimentación de la cadena de montaje y del edificio de almacenaje y oficinas mediante zapatas corridas. b) Cimentación no solidaria con el terreno. c) Saneamiento. d) Red separativa de aguas pluviales. ESTRUCTURA: Módulos monolíticos de hormigón armado unitario Conexión entre módulos mediante sistema de unión estructural.	FACHADA: El cerramiento tipo de todo el local se compone de 10 cm de hormigón armado con capa de aislamiento de 6 cm de lana mineral al exterior y acabado en mortero de cemento. El aspecto exterior es de bloque con acabado en hormigón, ventanas y huecos revestidos con chapa. Los parámetros técnicos condicionantes a la hora de elegir el sistema de fachada son el cumplimiento de la normativa acústica NBE-CA-88 y la limitación de la demanda energética CTE-DB-HE-1. CUBIERTA: La cubierta del edificio es combinada, curva y plana, con pendientes para recoger las aguas pluviales. El acabado es de hormigón. Aunque en este caso, la cubierta es combinada por el abovedamiento del forjado superior, Obox puede incorporar un pequeño módulo de hormigón armado colocado sobre el módulo de habitabilidad con el fin de generar una cubierta plana transitable o no incorporando una cámara de aire entre forjado superior de la edificación y el forjado de cubierta. Los parámetros técnicos condicionantes a la hora de elegir el sistema de cubierta son el cumplimiento de la normativa acústica NBE-CA-88 y la limitación de la demanda energética CTE-DB-HE-1, así como la obtención de un sistema que garantice la recogida de aguas pluviales mediante red separativa y una correcta impermeabilización.	TABIQUERÍA: La tabiquería interior es en general mediante tabiquería seca tipo Pladur con aislamiento acústico incorporado en el grueso de la perfilería. En las zonas húmedas la tabiquería se realiza con vidrio 5+5. Los parámetros técnicos condicionantes a la hora de elegir el sistema de particiones interiores son el cumplimiento de la normativa acústica NBE-CA-88 y lo especificado en DB-SI. ACABADOS: Los acabados son escogidos siguiendo criterios de confort y durabilidad. Los pavimentos son de hormigón. Los techos se revisten con falso techo de Pladur, o similar, y en la zona abovedada de yeso proyectado. Los revestimientos verticales son de hormigón visto en algunos casos y las particiones con pintura. Los materiales reforzar la composición de los volúmenes y planos, las luces y las sobras así como mostrar la sencillez de concepto y de construcción y su apuesta por la racionalidad constructiva y económica.	EXTERIOR: La carpintería exterior es de chapa de acero oxidada. El acristalamiento es de vidrio de seguridad con espesores 6/10/3+3. INTERIOR: Las puertas son de dos tipos: a) de vidrio templado translúcidas de 10 mm de espesor; b) de chapa.	Sistema de instalaciones <i>(bajantes pluviales y residuales, montantes)</i> se resuelve en la fase de encofrado, dejando previstos los huecos pertinentes para cada tipo de instalación. El resto de instalaciones como conducciones eléctricas, derivaciones horizontales...quedan vistas con el fin de reducir gastos. Siempre siguiendo un orden y limpieza adecuado, Instalaciones de iluminación con sistema de regulación y optimización de luz natural. Demanda de ACS resuelta mediante sistema de captación de energía solar de baja temperatura.	

Cuadro 5. Actuación Obox en su fábrica de módulos de hormigón armado en Illescas (Toledo)

3.4. Análisis de los modelos de construcción low cost estudiados

CARACTERÍSTICAS OBSERVADAS EN LOS CAPÍTULO SUSCEPTIBLES DE SER MODIFICADOS, SUSTITUIDOS Y/O ELIMINADOS TRAS EL ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE MODELOS LOW COST EN CONSTRUCCIÓN A LOS PROYECTOS REALES ESTUDIADOS.

1. Cimentación

- Trabajos *in situ*, a pie de obra:
Movimientos de tierra, cimentación tradicional o cimentación con jácenas prefabricadas según el tipo de obra, zanjas de drenaje, saneamiento.
- Se ejecutan a la vez trabajos a pie de obra y en fábrica para reducir los tiempos de ejecución y los plazos de entrega.

2. Estructura

- Diseño del módulo:
 - Compact Habit → según proyecto.
Medida máxima módulo 15x5x3.5 m3
 - Obox → unidad estándar: 6x3x3 m3
- Hormigón armado de gran capacidad portante, resistencia a impacto, humedad, fuego. Variaciones térmicas. Hongos, ruido...
- Sistema estructural metálico para conexiones entre módulos.

3. Cerramiento de fachada

- Espesor del cerramiento entorno a los 17-18 cm con capa de aislamiento térmico para mejorar el rendimiento térmico y acústico en el interior del local.
- Incorporación de sistemas que evitan humedades y mejoran la estanqueidad al aire y al agua.

4. Cubierta

- Compact Habit → Cubierta ajardinada extensiva. Mejor rendimiento térmico pero más cara.
- Obox → Cubierta combinada, curva y plana, con pendientes para recoger las aguas pluviales. El acabado es de hormigón. Básica y económica.

5. Tabiquería

- Tabiquería seca tipo Pladur con capa de aislamiento acústico incorporado en el interior de la perfilería.

6. Revestimientos

- Tanto Obox como Compact Habit incorporan hormigón visto como acabado en algunos elementos y otros en pintura.
- Compact Habit utiliza también los tableros fenólicos de madera contrachapada que previamente habían sido utilizados como encofrado y chapa de acero inoxidable y galvanizada conformada.

7. Pavimentos

- Hormigón visto acabado fratasado en el interior.
- Hormigón visto acabado antideslizante en el exterior.

8. Techos

- Los techos se revisten con falso techo de Pladur o similar.

9. Carpinterías

- Carpinterías con cámara de aire en el vidrio y marco con herrajes para evitar pérdidas y ganancias de calor. Mejor rendimiento térmico según CTE-DB-HE-1.

10. Instalaciones

- Sistema de instalaciones comunes (montantes, bajantes, conducciones eléctricas, etc.):
 - Compact Habit → desde el exterior del módulo a través de armarios de registro.
 - Obox → en fase de encofrado, dejando previstos los huecos pertinentes para cada tipo de instalación.
- Las instalaciones individuales tipo derivaciones horizontales... quedan vistas con el fin de reducir gastos. Siempre siguiendo un orden y limpieza adecuado.

3.5. Caso 3.- Propuesta de actuación: Combinación de sistemas de construcción tradicional con otros de construcción prefabricada incorporando elementos low cost

Tras el análisis de los de los casos estudiados propuestos por Compact Habit y Obox, en este apartado se pretende introducir un nuevo modelo de construcción en el que intervengan procesos de ejecución tradicional (como pueden ser cimentación y estructura) con sistemas prefabricados que incorporan elementos low cost.

3.5.1. Cimentación y estructura

Dado el buen funcionamiento del sistema de cimentación y estructura de hormigón armado con tan buena respuesta ante esfuerzos horizontales de viento y sismo y su la rigidez necesaria para dar estabilidad global al edificio, no se considera oportuno sustituirlo por el sistema modulado que requiere su transporte desde la fábrica hasta el lugar de ubicación final. Hay que tener en cuenta la repercusión económica que supone el transporte de éstos hasta su destino bien por la necesidad de transportarlos uno a uno y en vehículos de transporte especial debido a su tamaño y su peso. No es lo mismo transportar X número de módulos a 50 km de la fábrica que a 500 km.

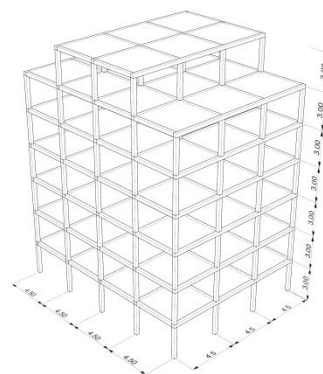
En cambio, se considera óptimo el uso de elementos estructurales prefabricados y su transporte hasta el lugar de destino y montaje en obra.

Se propone el uso de hormigón armado *in situ* para cimentación y uso de elementos prefabricados de hormigón armado o sistema tradicional de hormigonado *in situ* para la estructura de cualquier edificio, optimizando al máximo la ubicación de los elementos estructurales (pilares, jácenas y forjados). La modulación de los elementos estructurales ubicados siempre a la misma distancia y optar por una mayor simetría de la estructura permite dicha optimización.

Propuesta de actuación. CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

Se propone un sistema tradicional de hormigonado in situ tanto para cimentación como estructura con pilares colocados a 4,5m de distancia a ejes. Quedando, por tanto, modulada toda la estructura por una simetría básica que facilitará y optimizará la fase de cerramiento de fachada.

Propuesta de actuación 1. Estructura porticada



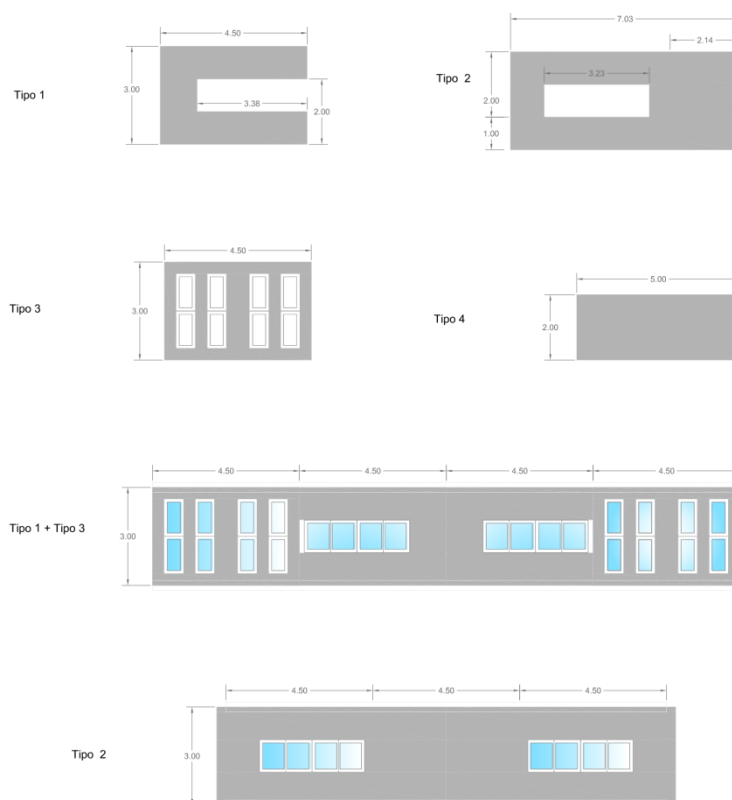
3.5.2. Cerramientos de fachada y cubiertas

Una vez concluida la estructura del edificio se procede al cerramiento del mismo. Parece poco óptimo construir la envolvente del edificio colocando ladrillo sobre ladrillo tal y como se viene haciendo desde la antigüedad aún siendo éste un material muy barato dada la abundancia de tierras arcillosas en nuestro país ya que requiere abundante mano de obra y excesivo tiempo de ejecución.

Además del ladrillo cerámico, existen materiales muy económicos para llevar a cabo esta fase e incluso de fácil obtención, ecológicos donde su impacto en la naturaleza no es perjudicial y con buen rendimiento energético. Por ejemplo, el ladrillo de adobe. Sin embargo se mantiene la problemática de su ejecución y el tiempo dedicado a la misma.

La utilización de elementos prefabricados para concluir el cerramiento de la fachada de un edificio es una solución óptima para el problema de la ejecución y el tiempo dedicado en llevarla a cabo.

Propuesta de actuación. CERRAMIENTO DE FACHADA



Se propone el uso de paneles prefabricados de hormigón armado modulados según la distancia entre pilares, en este caso a 4,5 m, maximizando su dimensión para reducir el número total de paneles utilizados en el edificio, simplificando su forma en base a líneas rectas que facilitan el encofrado y reduciendo el número de paneles diferentes al menor posible para reducir costes.

Propuesta de actuación 2. Cerramiento de fachada con paneles prefabricados de hormigón arquitectónico

Propuesta de actuación. CERRAMIENTO DE FACHADA

Propuesta de actuación 3.
Cerramiento de fachada de 4 bloques de viviendas con la modulación de paneles prefabricados propuestos

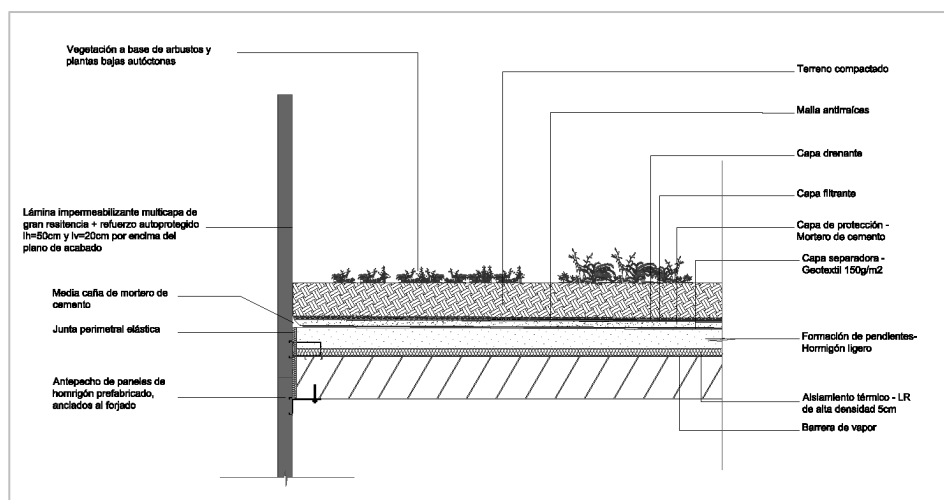


Ilustración 73. Cubierta ajardinada tipo

En cuanto a la cubierta, se conoce que la cubierta ajardinada es una de las mejores soluciones para el cerramiento superior horizontal ya que mejora el rendimiento térmico debido a que las capas de tierra y vegetación proporcionan gran inercia térmica, reduciendo a

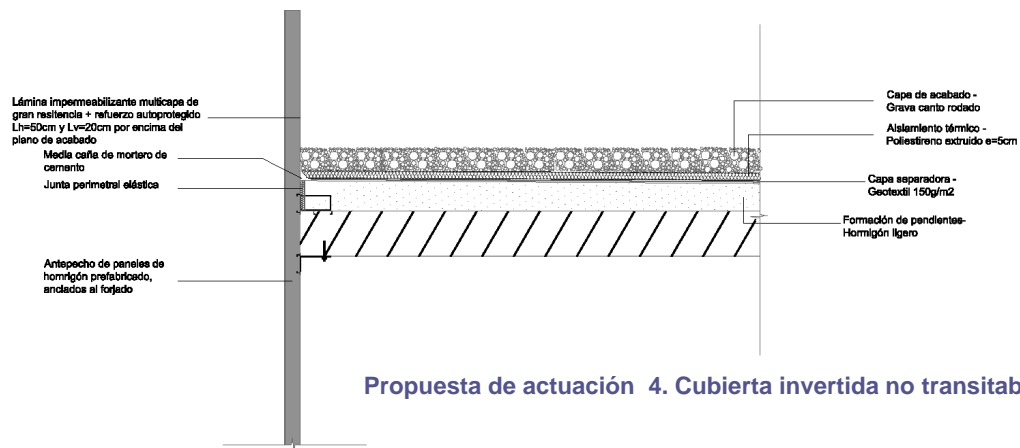
largo plazo la inversión económica que supone el mantenimiento de las condiciones de confort en el interior de la vivienda. Sin embargo, dependiendo del grosor de dichas capas es necesario aumentar el dimensionado de la carga de la estructura y por tanto la repercusión económica. Habría que realizar un estudio económico para considerarla como solución low cost, ya que a priori puede resultar más cara pero rentable a medio y largo plazo.

La mejor solución de bajo coste sería el uso de cubiertas invertidas no transitables cuya principal ventaja es que el aislamiento térmico se coloca encima de la

impermeabilización protegiéndola y proporcionándole mayor durabilidad. Además no necesita barrera de vapor.

Propuesta de actuación. CUBIERTA

Se propone el uso de cubierta invertida no transitable como solución óptima dada la combinación de mejor rendimiento térmico, repercusión económica de bajo coste y sostenibilidad.



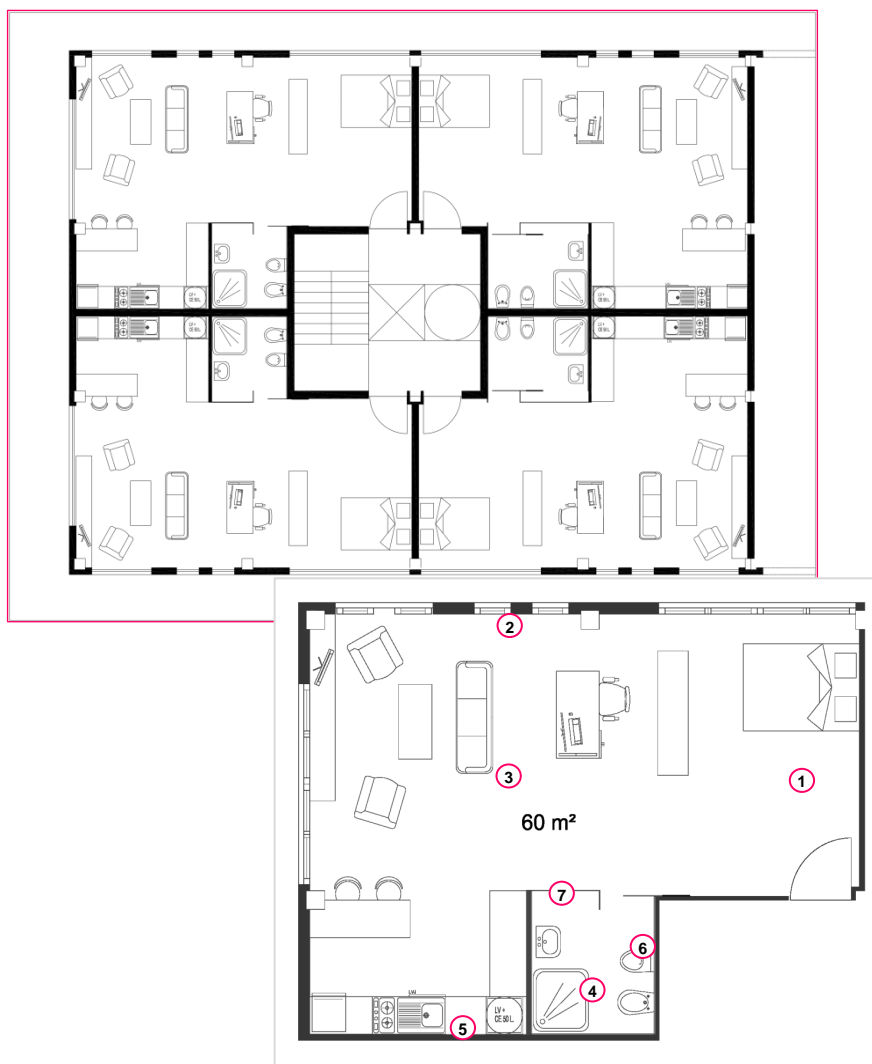
3.5.3. Tabiquería interior, revestimientos, pavimentos y falsos techos

Como ya se ha explicado en el capítulo anterior, la necesidad de independencia de una persona joven, separada o de una pareja de jubilados y los requisitos exigibles a una vivienda en esas condiciones son, ante todo, **funcionalidad, accesibilidad, flexibilidad y economía**, pasando a un segundo plano otras características como la amplitud o superficie, el número de dormitorios y baños, tipo de revestimientos, etc.

Propuesta de actuación. TABIQUERÍA, REVESTIMIENTOS, PAVIMENTO Y FALSOS TECHOS**OPCIÓN****A****“Semi-acabada” tipo 2.**

Se propone una vivienda con los acabados básicos que exigen la normativa en vigor (actualmente el CTE), para ofrecerle al futuro propietario la oportunidad de ahorrar costes en la compra de la misma a costa de aplicar el concepto “do it your self” y concluir el interior de la vivienda customizándola y personalizándola a su gusto según las necesidades.

*Opción “semi-acabada” tipo 2. La más económica que **no** incluiría materiales pero si un manual de instrucciones con posibles soluciones constructivas para la personalización en base al concepto “do it your self”.*



Propuesta de actuación 5.
Vivienda “semi-acabada” tipo 2

Legenda de materiales

Pavimento: _____

Revestimiento Vertical: _____

Falso techo: _____

Tabiquería: _____

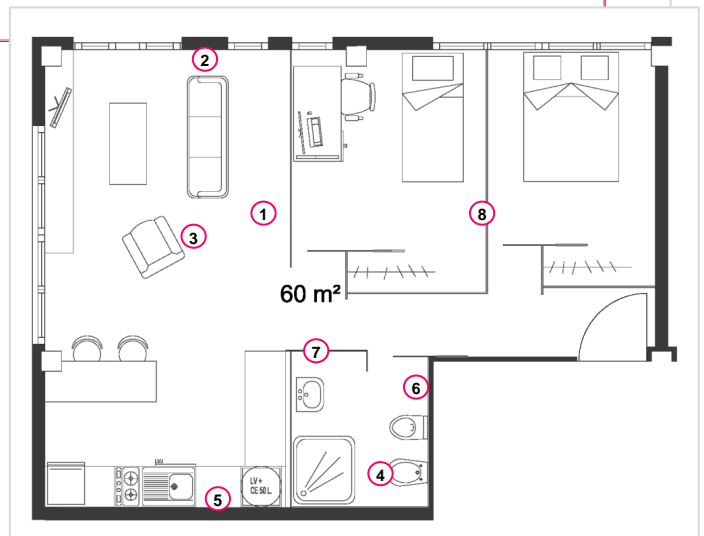
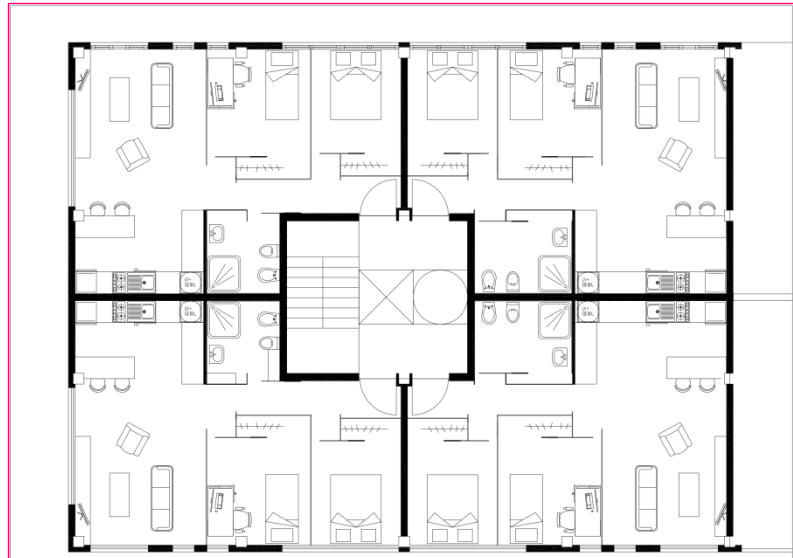
- ① Hormigón visto acabado fratasado.
- ② Aplacado de cartón-yeso.
- ③ Placas de cartón-yeso sin encintar acabado con pintura.
- ④ En aseo (y cocina, si se decide cerrarla con división) la placa de cartón-yeso debe ser resistente a la humedad.
- ⑤ Cocina: tablero termoendurecible de resinas fenólicas.
- ⑥ Interior WC tablero termoendurecible de resinas fenólicas.
- ⑦ Exterior WC policarbonato celular.

Propuesta de actuación. TABIQUERÍA, REVESTIMIENTOS, PAVIMENTO Y FALSOS TECHOS**OPCIÓN****B****“Semi-acabada” tipo 1**

Se propone una vivienda con los acabados básicos que exigen la normativa en vigor (actualmente el CTE), para ofrecerle al futuro propietario la oportunidad de ahorrar costes en la compra de la misma a costa de aplicar el concepto “do it your self” y concluir el interior de la vivienda customizándola y personalizándola a su gusto según las necesidades.

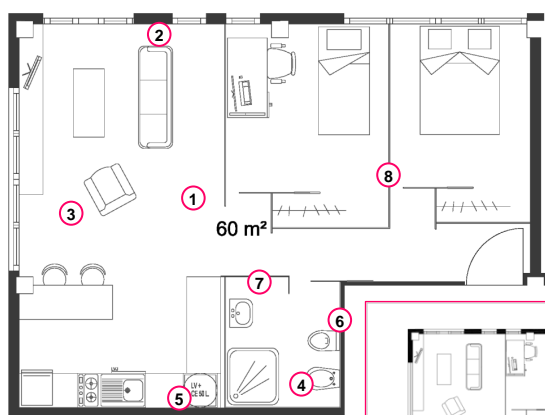
Se trata de la vivienda “**semi-acabada tipo 1**” que **incluiría** tanto **materiales como manual de instrucciones** con las soluciones constructivas para la colocación de los materiales suministrados.

Para facilitar la tarea de montaje habría que dejar instalados tanto en el techo como en el suelo los perfiles necesarios para la colocación posterior de la tabiquería a base de tableros termoendurecibles de resinas fenólicas de 18mm de espesor.

**Leyenda de materiales**Pavimento:Revestim. Vertical:Falso techo:Tabiquería:

- ① Hormigón visto acabado fratasado.
- ② Aplacado de cartón-yeso.
- ③ Aplacado cartón-yeso sin encintar acabado con pintura.
- ④ En aseo (y cocina, si se tabica) la placa de cartón-yeso debe ser resistente a la humedad.
- ⑤ Cocina: tablero termoendurecible de resinas fenólicas.
- ⑥ Interior WC tablero termoendurecible de resinas fenólicas de e=18 mm;
- ⑦ Exterior WC policarbonato celular de e=16 mm.
- ⑧ Divisiones interiores: tablero termoendurecible de resinas fenólicas de e= 18mm.

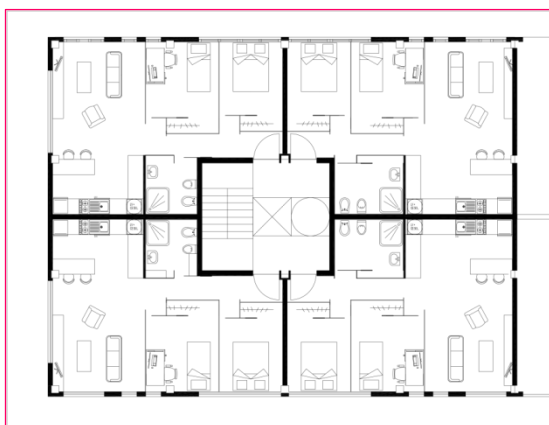
**Propuesta de actuación 6.
Opción “semi-acabada” tipo 1**

Propuesta de actuación. TABIQUERÍA, REVESTIMIENTOS, PAVIMENTO Y FALSOS TECHOS

Propuesta de actuación 7. Vivienda totalmente acabada

OPCIÓN**C****Totalmente acabada**

*Se propone una vivienda **totalmente acabada**. Sería la opción más cómoda para el futuro propietario pero a la vez más cara ya que la repercusión económica que supone tanto por los materiales como por la mano de obra empleada encarecería el precio final de la vivienda.*

**Leyenda de materiales**

- | | | |
|---------------------------|---|--|
| Pavimento: _____ | ① | Hormigón visto acabado fratasado. |
| Revestim. Vertical: _____ | ② | Aplacado de cartón-yeso. |
| Falso techo: _____ | ③ | Aplacado cartón-yeso sin encintar acabado con pintura. |
| Tabiquería: _____ | ④ | En aseo (y cocina, si se tabica) la placa de cartón-yeso debe ser resistente a la humedad. |
| | ⑤ | Cocina: tablero termoendurecible de resinas fenólicas. |
| | ⑥ | Interior WC tablero termoendurecible de resinas fenólicas de e= 18mm. |
| | ⑦ | Exterior WC policarbonato celular de e=16 mm. |
| | ⑧ | Divisiones interiores: tablero termoendurecible de resinas fenólicas de e= 18mm. |

3.5.4. Carpinterías

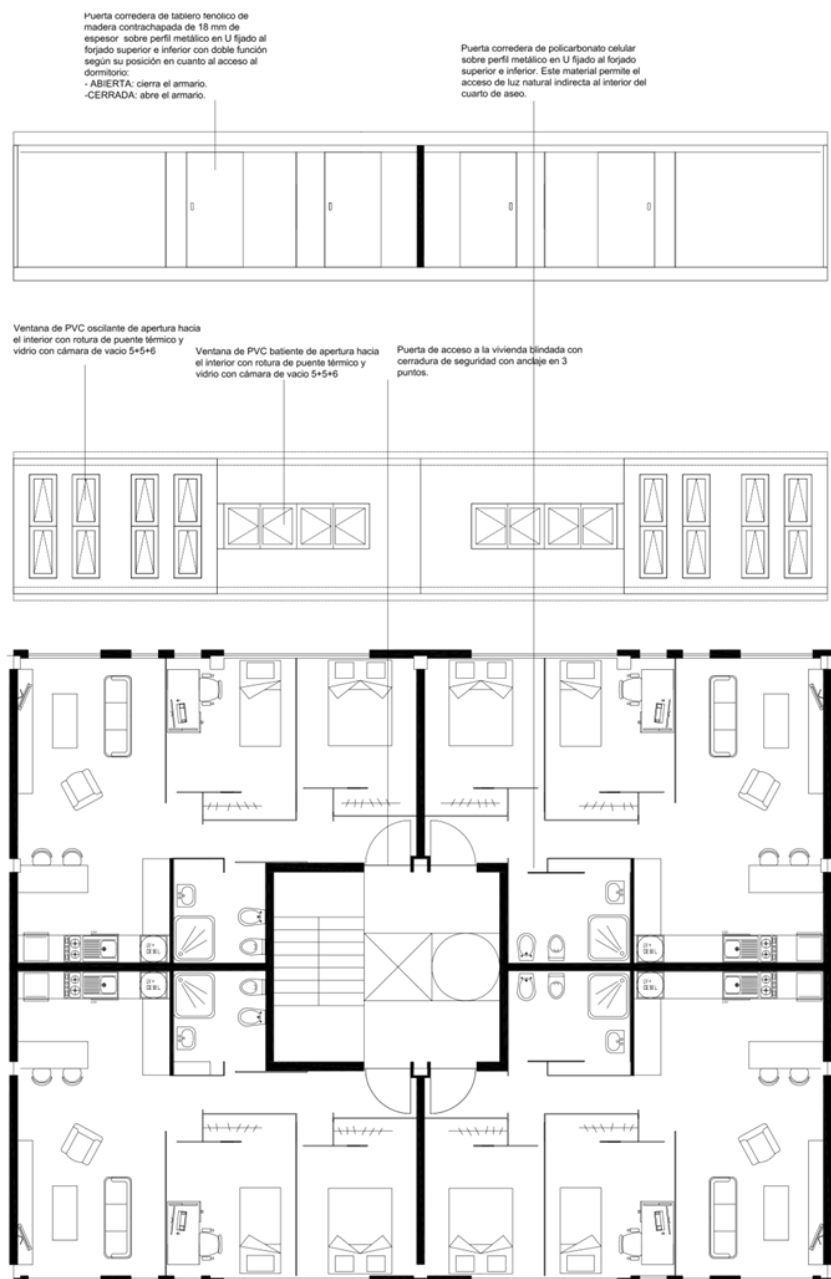
Como se ha comentado anteriormente, optar por la modulación y hacer uso de la simetría es indispensable como modelo low cost de construcción.

La **repetición de determinados elementos** tanto en su producción, cuya fabricación requiere la elaboración de moldes, como en su montaje, cuya especialización de los obreros y, por tanto, la rapidez de ejecución, **ayuda a reducir costes**. Por eso, el uso del mayor

número de carpinterías idénticas, tanto para el cerramiento de huecos exteriores como para los interiores, es fundamental.

Además, el uso de carpinterías simétricas permite mejorar su colocación en el hueco y reducir, por tanto, los puentes térmicos ya que se podría modular la solución más adecuada para dicho fin a través de elementos prefabricados evitando juntas complicadas de resolver.

Propuesta de actuación. CARPINTERÍAS



Se propone el uso de dos tipos de carpintería exterior que le confieren a la fachada un diseño más dinámico.

Están basadas en los huecos que los paneles de hormigón prefabricado han dejado en la fachada tras su colocación.

Se propone el uso de dos tipos de carpintería interior. Uno de acceso a la vivienda; y otro para el interior de la vivienda bien 100% acabada, bien semi-acabada incluyendo materiales + manual de instrucción, o bien, semiacabada sin incluir materiales pero si manual para que en el caso de que el futuro propietario decida instalar particiones interiores mediante la técnica de “do it your self” pueda hacerlo.

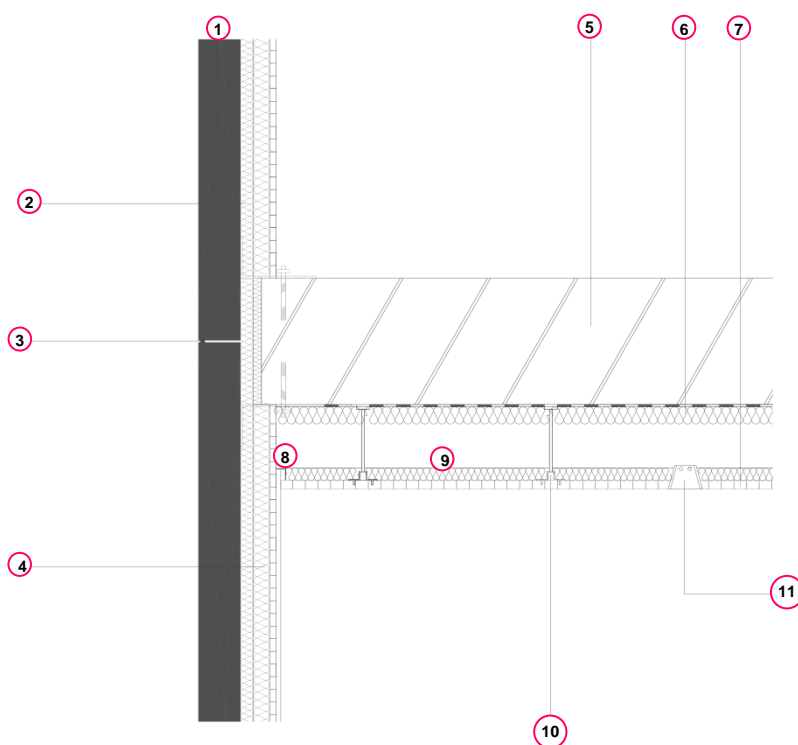
Propuesta de actuación 8. Tipos de carpinterías exterior e interior

3.5.5. Instalaciones

El proceso de *construir-romper-reconstruir* (mano de obra más material) junto con el escombros generado, tiene unos costes que pueden ser evitados si se utiliza la construcción en seco –por ejemplo, un tabique de cartón-yeso –como alternativa al tabique tradicional de ladrillo, para albergar aquellas instalaciones que deben quedar ocultas así como el uso de falsos techos.

Propuesta de actuación. INSTALACIONES

Se propone el uso de falsos techos para albergar tanto las instalaciones necesarias en los cuartos húmedos (WC y cocina), como el aislamiento acústico entre plantas.



Propuesta de actuación 9. Falso techo para albergar las instalaciones procedentes

Leyenda de materiales

- ① Cerramiento fachada. Paneles prefabricados de hormigón arquitectónico. Sistema de anclaje según empresa suministradora.
- ② Aislamiento térmico. Poliuretano proyectado $e=3\text{cm}$.
- ③ Sellado junta.
- ④ Aislamiento térmico. Lana de roca de alta densidad $e=4\text{cm}$.
- ⑤ Forjado. Acabado con hormigón visto fratasado.
- ⑥ Panel multicapa adherido al forjado con capa de aislamiento acústico.
- ⑦ Revestimiento continuo. Placa de cartón-yeso.
- ⑧ Perfil perimetral.
- ⑨ Aislamiento LR de 3 cm de espesor.
- ⑩ Varilla roscada de anclaje al forjado.
- ⑪ Luminarias.

3.5.6. Aplicación real de la filosofía “do it your self”

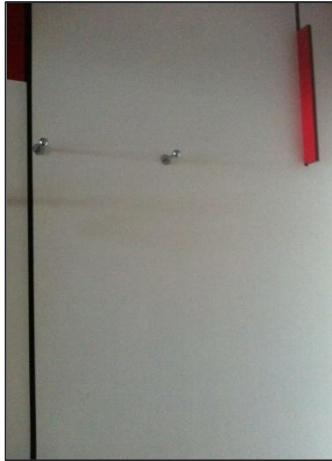


Ilustración 74. *Imágenes de materiales empleados*

Foto izq. División interior de vivienda con tablero termoendurecible de resinas fenólicas de e= 18mm. Guía superior e inferior de sujeción.

Foto Central. Estanterías y revestimiento interior del WC con tablero termoendurecible de resinas fenólicas de e= 18mm atornillado.

Foto dcha. Puerta corredera tipo. Acabado con tablero termoendurecible de resinas fenólicas de e= 18mm con guía superior e inferior.

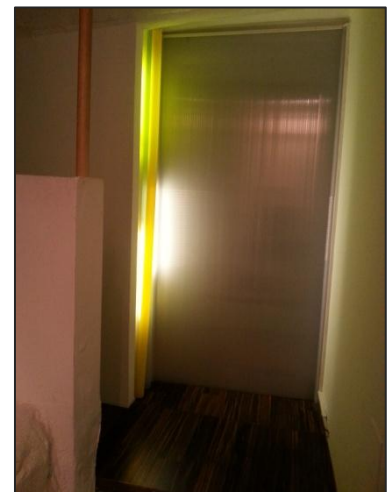
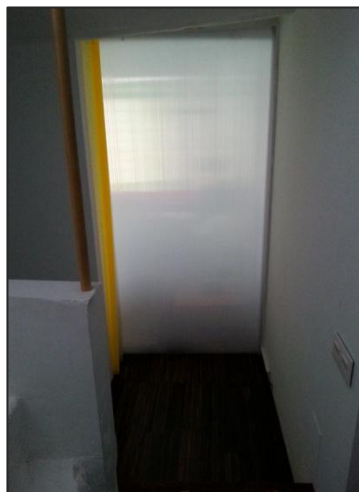


Ilustración 75.

División interior de policarbonato celular de 20 mm de espesor para permitir el paso de luz natural a través del dormitorio al pasillo interior.

Foto izq.: interior del dormitorio;

Foto central: pasillo interior de la vivienda;

Foto dcha.: retroiluminación del tabique.

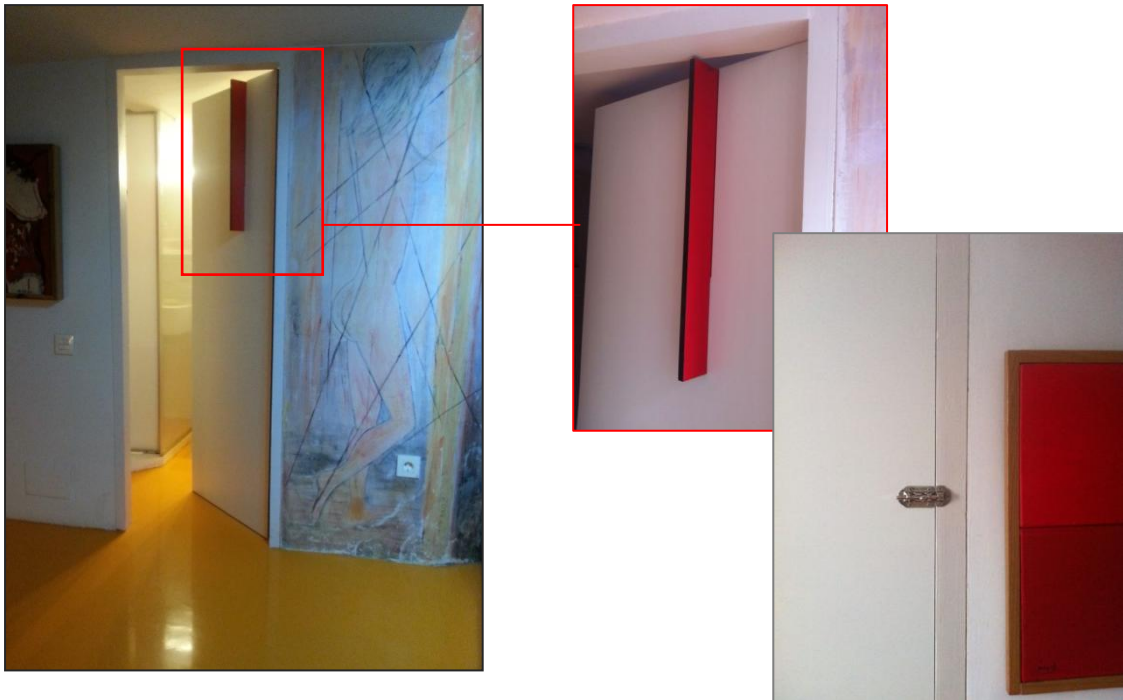


Ilustración 76. Imágenes de materiales empleados
Puerta de WC con tablero termoendurecible de resina fenólica sin tapajuntas con pestillo interior. El tapajuntas es sustituido por una hendidura de separación entre el marco y el tabique de cartón yeso.



Ilustración 77. Mampara de ducha.



Ilustración 78.
Detalle sujeción mampara ducha mediante perfil U.
De izquierda a derecha, sujeción superior, lateral e inferior.



Ilustración 79. Imágenes materiales empleados.

Foto izq. Cerramiento interior de fachada con placas de cartón-yeso.
Pavimento de resina epoxi y endurecedor amínico en emulsión acuosa sobre el hormigón
fratasado mecánico *in situ* al ejecutar la capa de compresión del forjado.

Foto dcha. Cocina volada y elementos vistos.
Pavimento de resina epoxi y endurecedor amínico en emulsión acuosa sobre el hormigón
fratasado mecánico *in situ* al ejecutar la capa de compresión del forjado.



Ilustración 80.
Armarios de cocina de tablero contrachapado de colas fenólicas de madera de Okumen con bisagra atornillada.

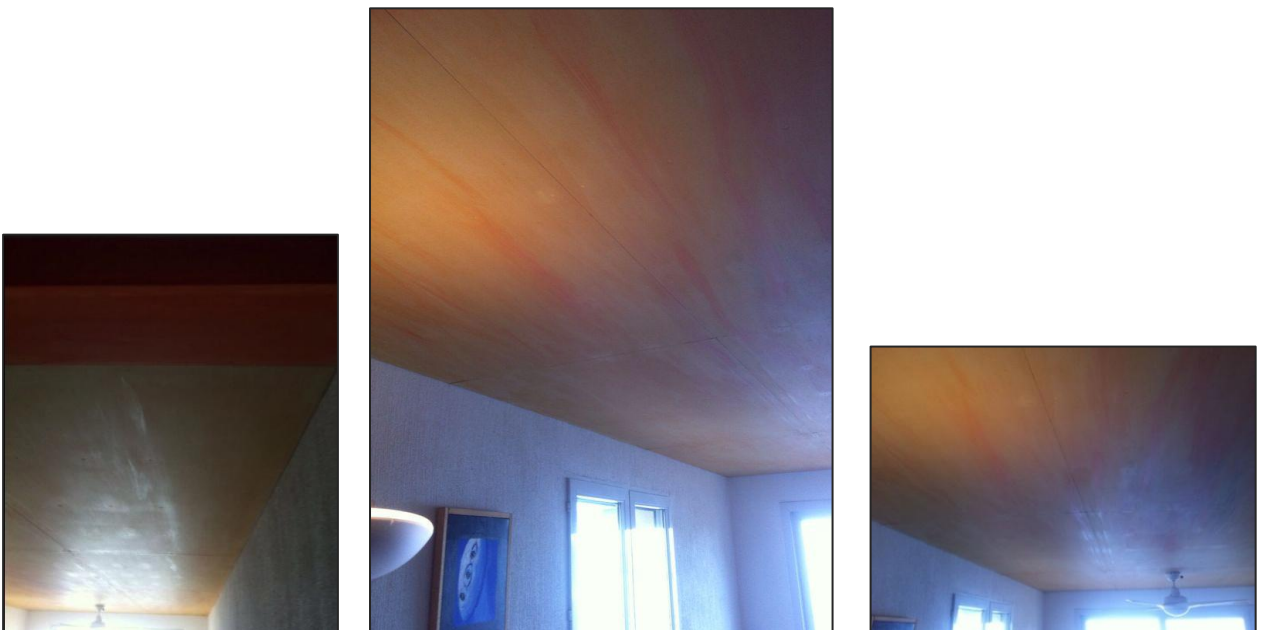


Ilustración 81.
Falso techo customizado de placas de cartón-yeso sin encintar acabado con pintura acrílica.

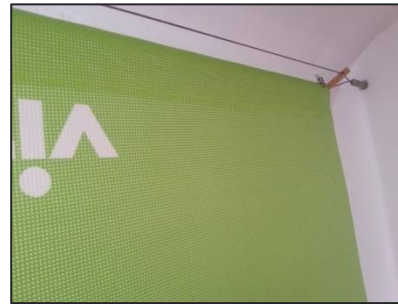
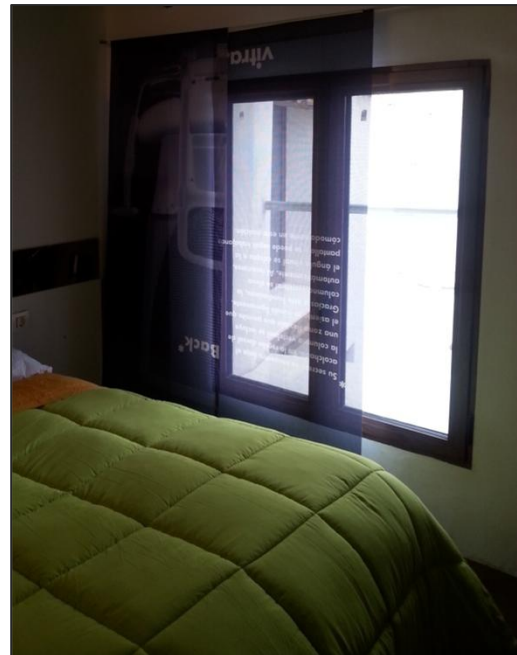


Ilustración 82.

Imágenes superiores: Customización de las cortinas.
Imágenes inferiores: detalle de sujeción de las mismas.

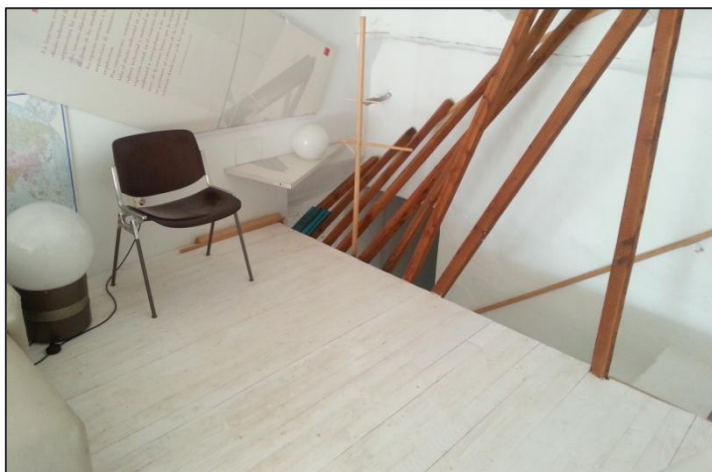


Ilustración 83.

Customización de la barandilla de la escalera de acceso a la buhardilla.

3.5. Resultados de la aplicación de modelos de construcción low cost en edificación

La construcción de bajo coste implica la aplicación de una **construcción modulada** basada en un sistema de construcción industrializado. La producción en serie de módulos edificatorios al estilo del sector automovilístico supone, por un lado, optimizar la cadena de valor del proceso de construcción integrando a todos los agentes que intervienen, mejorando las condiciones optimas y aplicando minuciosos controles de calidad; por otro, la racionalización mediante técnicas industriales que mejoran la productividad, menor mano de obra pero mejor cualificada y la optimización de los métodos de ejecución; y, finalmente, la estandarización, favoreciendo soluciones técnicas de índole común así como el mejor aprovechamiento de los recursos necesarios.

Todo ello supone:

1. Llevar la ejecución de la obra a la fábrica de producción reduciendo la mano de obra *in situ* lo que reduce las actividades a pie de obra y, por defecto, la reducción de acopios, residuos, materiales defectuosos y siniestralidad laboral.
2. Elevar la productividad, disminuyendo pérdidas y tiempos muertos.
3. Reducir los tiempos de ejecución al solaparse trabajos en fábrica con trabajos a pie de obra.
4. Al estandarizar los procesos e implantar controles de calidad tanto en gestión como en producción se incrementa la calidad final de la vivienda transformándose en confort y durabilidad.
5. Como consecuencia final del proceso se reducen drásticamente los costes en comparación con los procesos de construcción tradicional.

Por lo tanto, conseguir una construcción de bajo coste no depende de la aplicación de materiales económicos. Consegir una construcción de bajo coste supone la aplicación de un gran número de factores que al trabajar de forma conjunta implican la reducción de costes y que, en ningún caso, supone el uso de materiales de baja calidad.

Sin una construcción industrializada en la que se apliquen estos factores es imposible plantear un modelo de construcción tradicional de bajo coste.

De la aplicación del concepto low cost en edificación se pueden destacar los siguientes aspectos fundamentales:

- **Aspectos Económicos:**

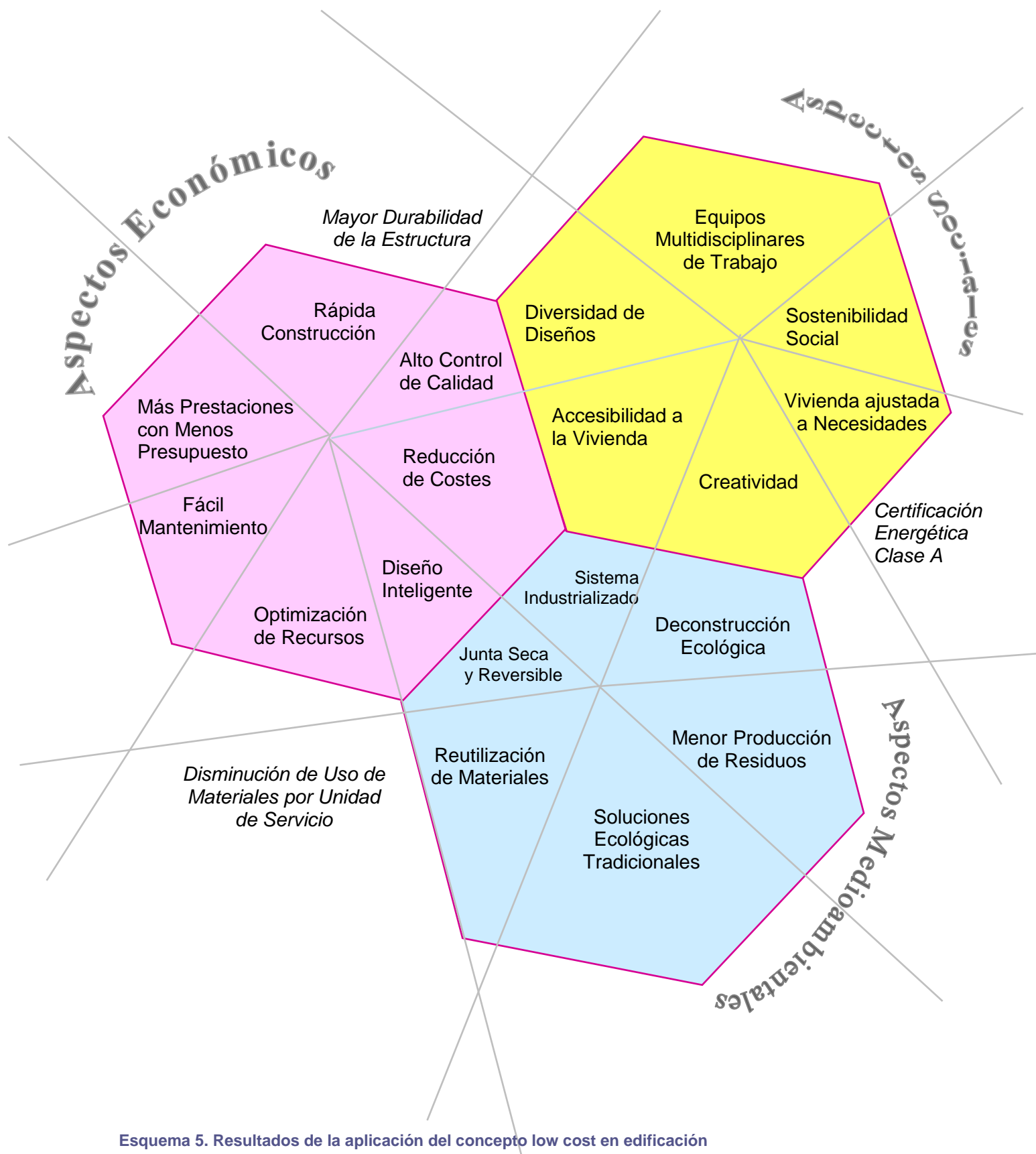
- Reducción de costes. Planificación desde el diseño hasta la ejecución.
- Rápida construcción. Optimización de tiempos de ejecución.
- Alto control de calidad. Sistema industrializado.
- Más prestaciones con menos presupuesto. Optimización de los recursos.
- Diseño inteligente.
- Fácil mantenimiento.

- **Aspectos Sociales:**

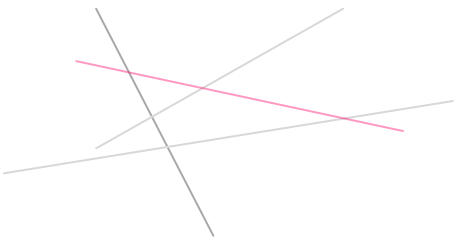
- Diversidad de diseño. Infinitas soluciones para infinitas demandas.
- Equipo multidisciplinar de trabajo. Mejores relaciones entre los actores que intervienen optimizando tiempos de planificación y ejecución, y recursos económicos.
- Creatividad. Generar las infinitas soluciones de diseño adaptadas a las necesidades de los individuos.
- Sostenibilidad social.
- Vivienda ajustada a necesidades. Viviendas adaptadas a personas y no personas adaptadas a viviendas.
- Accesibilidad a la vivienda. Artículo 47 de la Constitución Española.

- **Aspectos Medioambientales:**

- Aplicación de sistemas industrializados.
- Menor producción de residuos.
- Reutilización de materiales.
- Uso de junta seca y reversible.
- Deconstrucción ecológica.
- Aplicación de soluciones ecológicas más económicas (ej.: fachadas y cubiertas vegetales; reutilización de aguas pluviales para riego; etc.).



Esquema 5. Resultados de la aplicación del concepto low cost en edificación

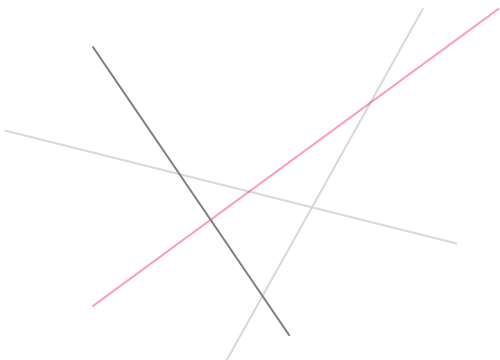


1. INTRODUCCIÓN
2. LOW COST
3. DESARROLLO

4. CONCLUSIONES

5. ANEXOS
6. BIBLIOGRAFÍA

4. CONCLUSIONES



A pesar de los grandes avances que la gran mayoría de las industrias han desarrollado a lo largo del tiempo, el sector de la construcción prácticamente no ha evolucionado y se mantiene como una “*industria*” básica y primaria con un gran número de agentes y factores intervinientes que hacen que haya quedado considerándose como una “*industria*” tradicional.

Teniendo en cuenta la actual crisis económica que sufre el sector, donde se ha producido una fuerte destrucción de empleo, con unos precios de las viviendas demasiado elevados a las que el acceso tanto de alquiler como de compra prácticamente es imposible, con el presente trabajo de investigación, se ha intentado demostrar que es posible un nuevo modelo de construcción basado en la prefabricación, industrialización y estandarización de procesos dirigidos a conseguir una reducción de los costes de producción que permitan el crecimiento y la sostenibilidad del sector y, lo que es más importante, que todos los ciudadanos, independientemente de sus recursos económicos, puedan acceder a una vivienda digna.

Aun no siendo materia de estudio de este proyecto el impacto medioambiental que supone la ejecución de una edificación, teniendo en cuenta la situación actual de la sociedad en la que los requerimientos de eficiencia energética y sostenibilidad de los sistemas de ejecución son premisas imprescindibles de las que todo proyecto debe partir, se concluye que el uso de sistemas modulares prefabricados y/o industrializados, permiten una mejora del impacto medioambiental.

Las soluciones estudiadas implantan unos sistemas de calidad óptimos que permiten, llegar a la excelencia energética tanto en los procesos de ejecución como en la habitabilidad con las consiguientes reducciones de consumo energético. Además, por un lado, se genera un menor volumen de residuos ya que se busca la aplicación del Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de la edificación e infraestructuras mediante una buena planificación, diseño y colaboración multidisciplinar de todos y cada uno de los agentes que intervienen durante todo el proceso. Y, por otro lado, se consigue que al final del ciclo de vida se pueda efectuar el desmontado de los diferentes elementos que componen este tipo de edificaciones para el posterior reciclaje y aprovechamiento de los mismos.

Tras el análisis de los casos estudiados queda demostrado que la aplicación del concepto low cost en la edificación no supone en ningún caso la reducción de la calidad de materiales y acabados, ni las prestaciones que una vivienda debe tener. Se han analizado los elementos que siendo susceptibles de ser *modificados, sustituidos y/o eliminados*

permiten una reducción de los costes aportando las prestaciones que cumplen con las exigencias del comprador y que se adaptan a sus necesidades y a su modo de vida. De los modelos estudiados se puede concluir que:

Casos 1 y 2:

Salvando pequeñas diferencias entre ambos sistemas (Compact Habit y Obox) que obedecen a distintas formulaciones, patentes y técnicas, ambas comparten prácticamente el mismo fundamento: **la aplicación de un sistema industrializado modular**. Este sistema se basa en la producción de un módulo totalmente acabado en fábrica, es decir, incorpora todos los elementos de cerramientos exteriores e interiores, instalaciones, revestimientos de paramentos, pavimentos, etc. según las necesidades del cliente para su posterior transporte y montaje en obra así como la conexión entre los mismos.

La aplicación de este sistema industrializado de fabricación de módulos ofrece como **ventajas fundamentales** la introducción de sistemas de mejora de calidad; estandarizar los procesos; aumentar la productividad; reducir la mano de obra *in situ* y, por defecto, la reducción de acopios, residuos, materiales defectuosos y siniestralidad laboral; reducir, también, los tiempos de ejecución al solaparse trabajos en fábrica con trabajos a pie de obra mejorando los plazos de entrega. En cuanto a los **inconvenientes** cabe destacar la gran inversión inicial en la planta de producción industrial con un periodo de amortización a largo plazo, la limitación dimensional de los módulos en función del transporte especial permitido según las carreteras, necesidad de amplio espacio para la maniobra de posicionamiento de los mismos en su ubicación en obra y la limitación del número de plantas apilables en ambos casos estudiados.

Caso 3:

Este último caso propuesto por quien suscribe, permite la reducción de costes dada la combinación del sistema tradicional de construcción con elementos prefabricados, elementos de bajo coste y la introducción de la filosofía de “*do it your self*” o *hágaselo usted mismo*.

El sistema estructural tradicional se optimiza al modular las luces a 4,5 m lo que permite, por un lado, reducir el coste de ejecución en fase de estructura, y, por otro lado, con un número muy reducido de paneles prefabricados de hormigón arquitectónico, modular la

fachada cumpliendo la necesidad de diseño. Además, se propone partir de un tipo de vivienda tipo *loft* que cubra las necesidades de un joven adquiriente y preparada para su posterior división según varíen sus necesidades. En esta propuesta se incluye la posibilidad de que el propio comprador customice y personalice según la filosofía “hágaselo usted mismo” el interior de la vivienda.

La aplicación del término “*do it your self*” como parte sustancial de la definición de “*low cost*” en construcción podría, en un futuro no lejano, formar parte de las tareas de los Arquitectos Técnicos dado que éstos son los técnicos expertos en materiales y ejecución de soluciones constructivas de la edificación para asesorar a los usuarios finales que se van a encargar de “terminar” la parte de la vivienda que el bricolaje le permite como solución al ahorro de costes y la ejecución de la parte de la vivienda que no requiere de una mano de obra cualificada, es decir, acabado en pintura de tabiques, colocación de pavimentos, montaje de mobiliario, etc., pero que, aun no siendo obligatorio, si podría ser necesaria una supervisión técnica para establecer la correcta utilización y colocación de los materiales que garanticen la seguridad del propietario.

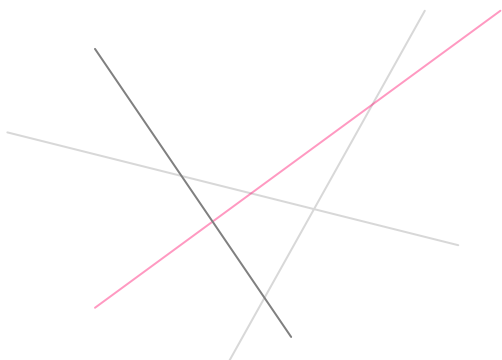
Se trata, por tanto, de intentar aplicar un concepto tan complejo y abierto a infinitas soluciones constructivas posibles en un sector donde prima la calidad, el coste y los plazos de entrega junto con los requisitos técnicos y normativos así como los condicionantes que permiten cubrir las necesidades particulares de cada uno de los futuros propietarios.

Por último, como colofón final tras las consideraciones expuestas, se abre una nueva línea de investigación con la que se pueden estudiar diferentes formas de trabajo que, de manera eficiente, combinen tanto los sistemas de construcción tradicional como los prefabricados, industrializados y modulares con los procedimientos y materiales *low cost* incluyendo la filosofía “*do it your self*” como un nuevo modelo de construcción más actual que se adapte a las necesidades y realidad de nuestro tiempo.




1. INTRODUCCIÓN
2. LOW COST
3. DESARROLLO
4. CONCLUSIONES

5. ANEXOS

6. BIBLIOGRAFÍA



5.1. Recopilación de empresas nacionales especializadas en construcción prefabricada y/o modular

Empresa	Localización
<p>INSbuilding</p> <p>Autovía de Andalucía. Salida 658 (UCAM) CP: 30107. Guadalupe. Murcia. 622356338; 679691028; 868081711 http://www.insbuilding.com/ Paneles steel framing</p>	<p>MURCIA</p> 
<p>RUSTICA INTERNACIONAL, S.A.</p> <p>Exposición: Autovía del Mediterráneo, salida 658 Vereda de los muchachos, 2 CP: 30107 Guadalupe - Murcia (Spain) Oficinas: Ctra. de los jerónimos, 27, C.P. 30.180 (La Ñora) Murcia -Spain- Apdo. Correos n 1. Teléfonos: +34 968808010 ; +34 677508329 http://www.viviendasrusticas.com/ Paneles "thacs system"</p>	<p>MURCIA</p> 
<p>Nubak</p> <p>c/ Julio Castelo, 8 Bajo I, CP: 30880, Águilas, Murcia tel.: +34 649872294 http://www.nubak.com/es/ Estructura acero y cerramientos con placas de hormigón Domingo García (sistema Patentado)</p>	<p>MURCIA</p> 

**TRABIS PREFABRICADO ARQUITECTÓNICO,
S.L.U.**

MURCIA

Ctra. De Villena Km 1 - Aptado 112
CP: 30510 YECLA - MURCIA
968 71 89 90
<http://www.trabis.es/>
gerente@trabis.es
Prefabricados de hormigón



Egoín

VIZCAYA

Egoín Astei · 48287 Natxitua-EA · Acceso por Ereño - Bizkaia
94 627 60 00
Fax: 94 627 63 35
<http://www.egoín.com/>
egoín@egoín.es
Estructura de madera



IDM

MADRID

C/ Narciso Monturiol, 20. Polígono Industrial Rompecubas
cp.: 28341 - Valdemoro (Madrid)
918082376
<http://www.idmmodular.com/>



A-Cero TECH: Joaquín Torres Architects

MADRID

Parque empresarial La Finca
Paseo Club Deportivo nº 1, 6-A
Pozuelo de Alarcón, Madrid
917997984
<http://www.a-ceromodular.com/>
Fábrica en Onda (Castellón) inaugurada junio 2011
**Estructura metálica con fachadas mixtas,
pladur/panel sandwich, ventiladas**



Arquima, Arquitectura e ingeniería de la madera S.L.

BARCELONA

Av. Guatemala nº 10 Local Izq. Sant Andreu de la Barca | Telf.:
93.682.10.06
Barcelona
<http://www.arquima.net/sp/>
Viviendas de madera



HERRERO ARQUITECTOS

MADRID

JuanHerrerosArquitectosSLP
Calle Princesa 25, El Hexágono,
CP: 28000 Madrid Spain
Tel 34.915 22 77 69 Fax 34.915 23 45 53
<http://www.herrerosarquitectos.com/>



Cimpra

SEVILLA

41710 Utrera SEVILLA
Teléfono: 955 861 241
<http://www.cimpra.es/>
Correo electrónico: info@cimpra.es



Compact habit

BARCELONA

C/ Marbusca, plot.27. Industrial "La Cort"
CP: 08261 Cardona (BCN)-SPAIN
Tel: +34 938690878;
Tel: +34 938690877

<http://compacthabit.com/>

info@compacthabit.com

**Módulos tridimensionales
de hormigón armado**



Contenthouse

BILBAO

Calle Correo, Nº12, 1º Izq. Der.

Teléfono : 944340750

Teléfono : 619762791

Fax : 944104537

Código Postal : 48005

Ciudad : Bilbao

<http://contenthouse.com.br/#>

Casa modulares con contenedores



Casas EcoEstandar S.L.

VALENCIA

NIF: B98242803

Avda. Baró de Carcer 21, Ent.7

46001 Valencia

info@ecoestandar.es

963 51 09 11

690 88 45 12 (Sergi Palomares)

690 88 45 11 (Ignacio Pérez)

960 96 22 56



Fabriq-21

MADRID

Paseo de Comandante Fortea 65, 28008, Madrid

www.fabriq-21.es

tel. +34 914670318; +34 915418770

móvil +0034 693012937



Modultec (Modular systems)

GIJÓN

Polígono Industrial de Porceyo, I-13

c/ Galileo Galilei 983

Gijón Asturias

985307174

Módulos con estructura metálica



Modus Vivendi**CANTABRIA**

Cantabria
 Tel. Fijo: 942.579.095
 Tel. Móvil: 681.200.047
 C/José M^a Pereda 58, 4,
 CP: 39110, Sancibrián (Cantabria)
<http://www.modus-vivendi.es/es/index.html>

**ABC ARQUITECTURA MODULAR, S.L.****VALENCIA**

C/ Ausias March s/n, CP:46185 LA POBLA DE VALBONA -
 VALENCIA
 902 100 338
abcmodular@abcmodular.com
<http://www.abcmodular.com>

**CONSTRUCTORA D'ARO****BARCELONA**

Ginjoler, 6 entresuelo
 CP: 08242 Manresa (Barcelona)
 Telf. 93 878 42 30
 Fax. 93 874 17 03
mail@constructoradaro.com
<http://www.constructoradaro.com/>

**NOEM_****BARCELONA**

Rosa Vilarasau
 Think CO2 S.L.
 Ciutat de Granada 45, 3^o 2^a
 CP: 08005 Barcelona
<http://www.noem.com/>
**Diferentes tipos de construcciones
 (hasta 5 alturas) en madera**



INFINISKI

MADRID

c/Rodas 11 Madrid
628172139, 655171079, 913666861
Casa modulares con contenedores

<http://www.infiniski.com/>



Hormipresa

BARCELONA

Av. Diagonal, 539-541 3er 2a
CP: 08029 Barcelona
(Barcelona)
T. (+34) 934 470 322
<http://www.hormipresa.com/>



PMP Casas Prêt-à-Porter

BARCELONA

Pujades, 305 bajos 08019 Barcelona
Ctra. N-240, Km. 90
25190 Lleida, Lleida
T 973603954
Plaça de l'Esport, 1
25230 Mollerussa, Lleida
T 973601100 <http://www.casaspretaporter.es/>



Trähus

VALENCIA

Calle de París, 2, Mas de Thous
46185 La Pobla de Vallbona
Valencia
<http://www.trahus.es/>



Casastar Global Building S.L**VALENCIA**

Av. Cortes Valencianas, 45B, pta. 28 CP: 46015 VALENCIA
 902 00 66 58
 961 937 557; 961 937 558
<http://www.casastar.es/>

**GESTOM VIVIENDAS****ALICANTE**

Avd. Cortes Valencianas esq Cronista Francisco Escolano Bajo,
 CP: 03660 (Novelda) Alicante
 965620723
<http://www.gestom.es/>

**Mopesa****BARCELONA**

Oficinas en Terrassa: c/ Isaac Peral 3B Local 5,
 CP: 08224 Terrassa (Barcelona)
 Telf.93 788 33 92; 93 780 28 99
<http://www.mopesa.com/>

**Qcasa****CÁCERES**

CTRA. EX-206 Km 15,5 - Torreorgaz (Cáceres)
 e-mail: info@qcasa.net
 Tlfno.: 927 205 015
<http://qcasa.net/>

**Tecnohome****ZARAGOZA**

"LAS NAVAS"-Calle Zaragoza 7,
 09550 MEDINA DE POMAR (BURGOS)
 Teléfono: 947-192-103
<http://www.casastecnohome.es/tecnohome/>



Modular Home

CÁCERES

Ctra. De Coria a Moraleja (EX-108) km, 96
Casas de Don Gómez (10818 Cáceres)
902 10 70 56
<http://www.modularhome.es/>



Obox (Oval box housing)

MADRID

Oficinas:

Julia Balenchana, 10A 28033 Madrid
Tfno.: 914316809 / Fax: 914313116

Dirección Fábrica:

Avenida del Comercio, 45
Polígono Industrial Valdelasilla
Illescas (Toledo)

<http://www.oboxhousing.com/>

info@oboxhousing.com

Viviendas unifamiliares y colectivas

Módulos de hormigón armado



TECCON EVOLUTION, S.L.

BARCELONA

Avda. de la Rassa nº 38 -
Polígono Industrial Santa Anna IIII
08251 - SANTPEDOR- BARCELONA
93 827 24 63
eotin@tecconeolution.com -
<http://www.tecconeolution.com>

**Estructura base acero y
resto de elemento premontados**



ORTIZ CONSTRUCCIONES Y PROYECTOS,S.A.

MADRID

Avda. Ensanche de Vallecas nº 44
28051 MADRID
91 343 16 00
javier.aguirre@grupoortiz.com
<http://www.grupoortiz.com>

**Prefabricados Hormigón (oficinas,
unifamiliares, plurifamiliares, etc.)**



ALGECO CONSTRUCCIONES MODULARES, SL.

MADRID

Camino de las bodegas nº 4
28140 Fuente del San - MADRID
91 823 54 23
borja.ledesma@as.algeco.com
<http://www.algeco.es>



AMERICAN BUILDING SYSTEM S.L.

GUADALAJARA

Avda. Conde de Romanones nº 22

CP: 19200 AZUQUECA DE HENARES -
GUADALAJARA
949 26 46 25
info@abs.es -
<http://www.abs.es/>
**Stma. Canadiense con estructura madera
y aislamiento lana de roca**



PREHORQUISA

SEGOVIA

Polígono Industrial de Hontoria , Parcela 7
CP: 40195 - Segovia
921 44 19 87 / 921 44 19 88 / 921 44 19 89
FAX: 921 44 19 71
info@prehorquisa.com
<http://www.prehorquisa.com/>



5.2. Anexo Caso Estudio 1

Anexo 1. Doc. 01

Otras condiciones de diseño



Otras condiciones de diseño planteadas y recogidas en el sistema:

- Calidad: como punto de partida y prioritario.
- Dimensiones del módulo, lo suficientemente grande (máximo 75m²) como para adaptarse a las unidades y reducir las juntas de montaje que obligan a trabajar dentro del recinto con todos los acabados ya realizados.
- Dimensiones transportables.
- Peso del conjunto, transportable y elevable con grúas de gran tonelaje.
- Posibilidades de adecuación en diferentes dimensiones según el proyecto.
- Solidez del conjunto.
- Módulo auto portante sin estructuras auxiliares.
- Durabilidad mejorada gracias al tipo de hormigón.
- Facilidad de montaje.
- Desmontabilidad del conjunto con posibilidades de reciclaje y reconversión.
- Reducción de riesgos laborales. Seguridad en el trabajo.

Anexo 2. Doc. 02

Más información sobre el módulo



Más información sobre el módulo:

Geometría:

Considerando que el sistema modular para la construcción de edificios no debe condicionar el proyecto respecto a las dimensiones, se plantea un sistema de moldes del contenedor de hormigón, que facilita la adaptación a distintas dimensiones, dentro de unas limitaciones de peso y transporte. El módulo Compact Habit es apilable, pero también se puede situar de manera que se mantenga la clasificación energética de tipo A. Además, la solución de módulos superiores con agregaciones de más de una planta, puede ser con cubierta plana pero también son posibles soluciones con cubierta inclinada.

Hormigón:

Se trata de un hormigón de clase H50 autocompactante y armado de tipo pasivo. Los recubrimientos garantizan unas buenas prestaciones del producto acabado.

Resistencia al fuego:

De acuerdo con la normativa vigente CTE (DB-SI), EHE-08 y Eurocódigo 2, la estructura de los módulos Compact Habit cumple con la resistencia al fuego normalizada de R30 o R60 (según el proyecto). Para la construcción de edificios de distintos usos que requieran resistencias al fuego mayores (R90 o más) se adecuarán las geometrías del hormigón (nervados y grueso de losas) según los requerimientos normativos.

Inserciones roscadas y elementos de posicionamiento y sujeción.

La pieza de hormigón cuenta con distintos elementos enroscados, insertados para facilitar la conexión de piezas en fases posteriores de la manipulación y/o montaje. Para un apilamiento preciso se utilizarán cuatro cilindros salientes acabados en forma de cono y con el extremo redondeado. Estos elementos se encuentran insertados en cuatro alojamientos integrados en los zunchos longitudinales superiores del techo. Todo el conjunto actúa interrumpiendo el puente acústico y, al mismo tiempo, la elasticidad del sistema actúa como amortiguador en el momento de la manipulación con la grúa en la fase de ensamblaje y centrado.

Anexo 3. Doc. 03 Cimentación sobre el terreno



Directamente sobre el terreno:

- Cimentaciones superficiales:
 - Vigas y riostras prefabricadas (hormigonado mínimo de la base de apoyo para el asentamiento de los prefabricados). Las riostras se pueden realizar *in situ*.
 - Semi-vigas y riostras prefabricadas, con hormigonado de zapata corrida (encofrada o en zanja). Las riostras se pueden realizar *in situ*.
 - Cimentación convencional de pilotes y micropilotes con zapata corrida o pozos más riostra, con aplicación de insertos diseñados por Compact Habit, situados en la parte superior de la zona hormigonada.
 - Cimentación recuperable: Vigas de cimentación y riostras prefabricadas con uniones atornilladas y protegidas, que facilitan la recuperación al 100% de la cimentación en el caso de tener que desmontar el edificio.
- Cimentaciones profundas:
 - Semi-vigas y riostras prefabricadas, con hormigonado de zapata corrida a modo de encepado para la aplicación de pilotes o micropilotes. Las riostras se pueden realizar *in situ*.
 - Cimentación convencional de pilotes o micropilotes con zapata corrida o pozos más riostras, con aplicación de insertos diseñados por Compact Habit, situados en la parte superior de la zona hormigonada.

Anexo 4. Doc. 04 Estructuras cimentadas convencionalmente



Sobre estructuras cimentadas convencionalmente:

Estas estructuras pueden ser de planta sótano, planta baja y otras situaciones que, además, se puede realizar *in situ* o prefabricadas. Generalmente, la superficie de contacto donde se apoyan los módulos suele ser un entramado de jácenas, sin necesidad de construir un forjado.

En la parte superior de las jácenas, o superficie de apoyo, se colocan unos insertos diseñados por Compact Habit para garantizar la unión y el nivel de los módulos a acopiar.

En todos los casos, Compact Habit estudia y calcula las soluciones apropiadas en cada caso, en coordinación con el equipo técnico redactor del proyecto, aportando los datos de cálculo necesarios que puedan precisarse para el dimensionado de la cimentación.

Anexo 5. Doc. 05



1. Seguridad contra incendios: el hormigón, además de ser un material incombustible, es mal conductor del calor y, por lo tanto, el fuego no afecta peligrosamente el armado de la estructura, a diferencia de lo que sucede con las estructuras puramente metálicas.

Se han hecho numerosos ensayos, especialmente en E.E.U.U., sobre la resistencia del hormigón al fuego y la conclusión es que es el mejor material contra los efectos de un incendio. Ningún edificio de hormigón se fundirá a consecuencia de un incendio. Los desperfectos causados por un incendio se podrán reparar fácilmente en estructuras metálicas, solo si ha sido de corta duración. La poca conductividad del hormigón favorece un retraso del tiempo en el que la temperatura aumenta y, al mismo tiempo, disminuye la capacidad de resistencia de la estructura.

2. Carácter monolítico: todos los elementos que forman la estructura de un edificio de hormigón armado con módulos son monolíticos entre paredes y forjados, y presentan una gran estabilidad. Incluso en situaciones límite de máxima deformabilidad, se consigue una estabilidad del conjunto. En casos extremos de vibraciones o de situaciones sísmicas, el propio sistema estructural favorece la estabilidad del edificio.

3. Facilidad de construcción: gracias al sistema industrializado del armado y del hormigón. La fabricación se ejecuta con rapidez. La preparación del armado metálico y su colocación en fábrica se simplifica. Los moldes metálicos garantizan la repetitividad y el cumplimiento dimensional de los módulos.

4. Conservación sostenible: la conservación no exige ningún gasto. En estructuras puramente metálicas es necesario pintar periódicamente el hierro, para evitar su oxidación y deterioro. En las estructuras de hormigón armado, el hierro, protegido por la masa del hormigón, se conserva en perfectas condiciones. Un ejemplo ilustrativo de este caso es la torre Eiffel de París; se pinta cada 5 o 6 años y eso supone un consumo aproximado de 30 toneladas de pintura. La durabilidad depende principalmente de la protección del acero mediante el recubrimiento de hormigón. En función de las características y principalmente de la porosidad del hormigón se consigue más o menos durabilidad. En el caso de los módulos fabricados por Compact Habit, el tipo de hormigón utilizado asegura duplicar su vida, respecto a hormigón tipo H25 empleado habitualmente en construcción tradicional.

5. Dilatación: la dilatación del hierro y del hormigón, entre 0° y 100° centígrados es prácticamente igual. Eso asegura el buen comportamiento de ambos materiales ante los cambios de temperatura.

- Dilatación del hierro: 0,0125mm por 1°C en 1m.

- Dilatación del hormigón: 0,0137mm por 1°C per 1m.

6. Modelado: las posibilidades de modelado de formas, en función de las necesidades estructurales, permiten el diseño de moldes en función de estos requerimientos estructurales. Los módulos de hormigón se adaptan dimensionalmente a cada proyecto.

7. Imagen de la estructura: la estructura de hormigón de los módulos cuenta con una "sólida" y buena imagen, en especial las caras del hormigón que han estado en contacto con el molde. Eso permite zonas vistas del hormigón y la expresión del sistema estructural mediante el nervado.

8. Impermeabilidad: con el hormigón se puede conseguir impermeabilidad. Este material se utiliza para construcciones de depósitos de líquidos, muros de contención de tierras, etc.

9. Resistencia: la solución del hormigón armado cuenta con mucha resistencia a los impactos y a las explosiones, en comparación con las soluciones de construcción tradicional.

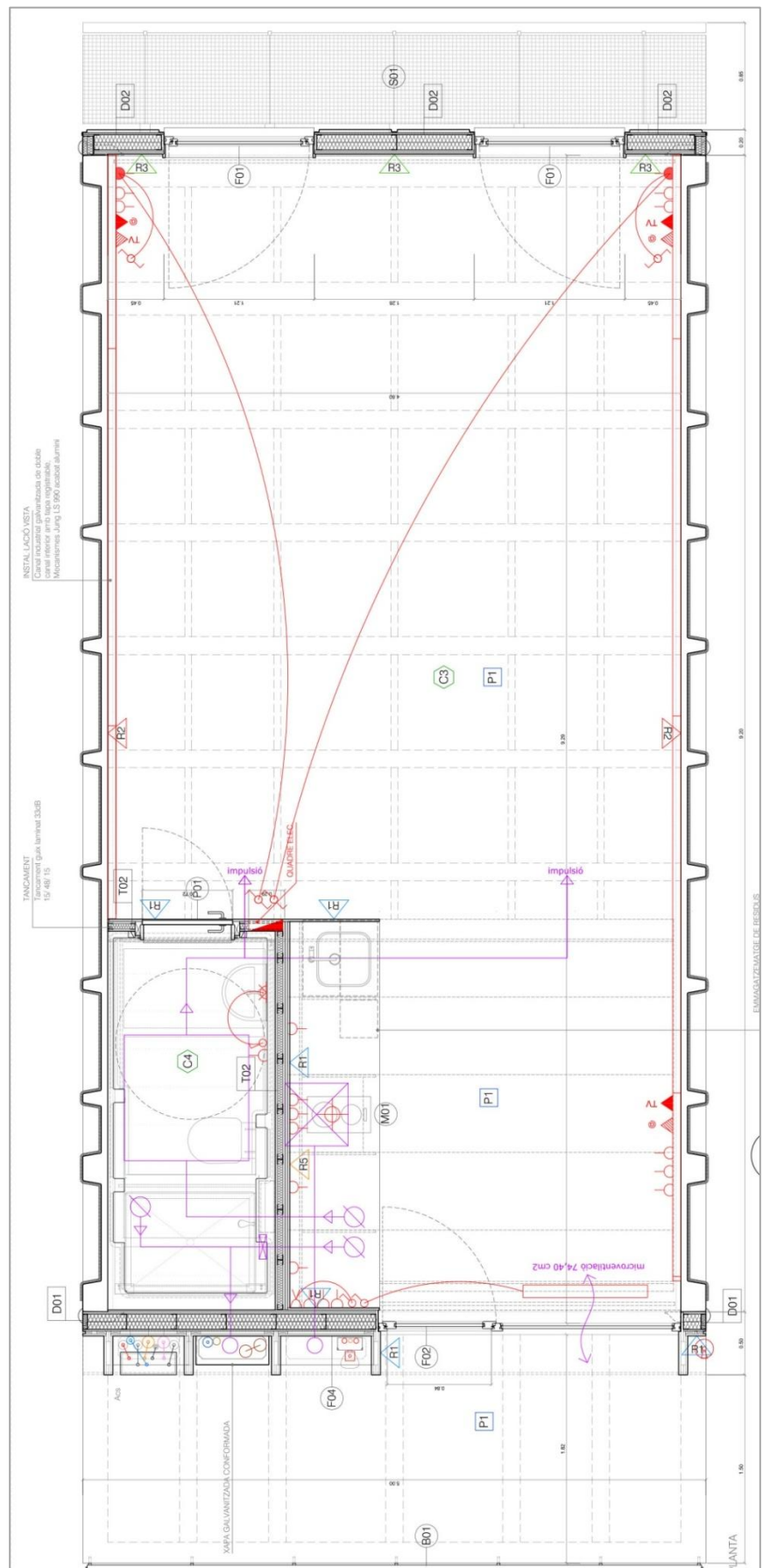
10. Aislamiento acústico: una de las grandes ventajas es el del aislamiento acústico, principalmente por la densidad (2500kg/m3) y la transmisión acústica respecto de los ruidos de impacto. En el caso del hormigón la velocidad de propagación del sonido en este medio es de

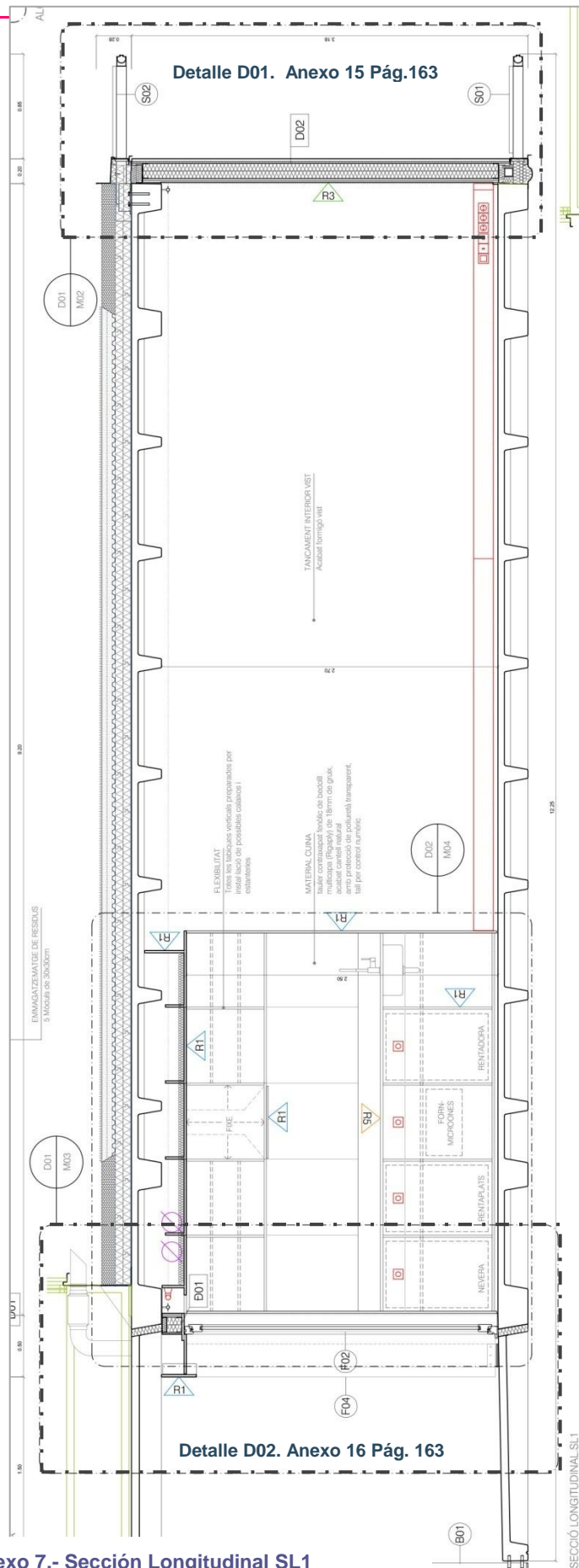


4.000m/s, muy similar a la de la madera. Para optimizar la solución de aislamiento acústico, se pueden trasdosar los muros de hormigón y revestir los pavimentos de hormigón y los falsos techos.

11. Inercia térmica: una de las propiedades del hormigón es la capacidad para almacenar calor o frío, consiguiendo un efecto de inercia térmica que puede ser de gran utilidad en proyectos de edificios con criterios de ahorro energético.

<p>D01- DIVISIONES.- Fachada patio, acuapanel 12,5/125/15+15 yeso laminado</p>
<p>D02- DIVISIONES.- Fachada exterior acuapanel 12,5/125/15+15 yeso laminado</p>
<p>S01- SOPORTE METÁLICO.- Soporte inferior a base de perfiles y rejilla galvanizada con malla de fachada galvanizada tensada a torsión simple</p>
<p>S02- SOPORTE METÁLICO.- Soporte superior a base de perfiles y rejilla galvanizada con malla de fachada galvanizada tensada a torsión simple</p>
<p>R1- REVESTIMIENTO.- Tablero fenólico de madera contrachapada de espesor 18mm</p>
<p>R2- REVESTIMIENTO.- Hormigón visto</p>
<p>R3- REVESTIMIENTO.- Acabado con pintura plástica</p>
<p>R5- REVESTIMIENTO.- Chapa acero inox. Mate</p>
<p>F01- CARPINTERÍA.- Carpintería exterior tipo 1: ventana</p>
<p>F02- CARPINTERÍA.- Carpintería exterior tipo 2: puerta de</p>
<p>F04- CARPINTERÍA.- Carpintería exterior tipo 4: Cubrición instalaciones con chapa galvanizada registrable</p>
<p>P01- CARPINTERÍA.- Carpintería interior tipo 1: puerta de acceso al WC</p>
<p>T02- TRASDOSADO.- Yeso laminado 15/48/15</p>
<p>B01- BARANDILLA.- Barandilla metálica</p>
<p>C4- TECHO.- Acabado aluminio</p>
<p>C3- TECHO.- Acabado hormigón visto</p>
<p>M01-MOBILIARIO.- Cocina</p>
<p>P1- PAVIMENTO.- Hormigón visto</p>





Anexo 7.- Sección Longitudinal SL1

D01- DIVISIONES.-
Fachada patio, acuapanel
12,5/125/15+15 yeso laminado

D02- DIVISIONES.-
Fachada exterior acuapanel
12,5/125/15+15 yeso laminado

S01- SOPORTE METÁLICO.-
Soporte inferior a base de perfiles y
rejilla galvanizada con malla de
fachada galvanizada tensada a torsión
simple

S02- SOPORTE METÁLICO.-
Soporte superior a base de perfiles y
rejilla galvanizada con malla de
fachada galvanizada tensada a torsión
simple

R1- REVESTIMIENTO.-
Tablero fenólico de madera
contrachapada de espesor 18mm

R2- REVESTIMIENTO.-
Hormigón visto

R3- REVESTIMIENTO.-
Acabado con pintura plástica

R5- REVESTIMIENTO.-
Chapa acero inox. Mate

F01- CARPINTERÍA.-
Carpintería exterior tipo 1: ventana

F02- CARPINTERÍA.-
Carpintería exterior tipo 2: puerta de

F04- CARPINTERÍA.-
Carpintería exterior tipo 4: Cubrición
instalaciones con chapa galvanizada
registrable

P01- CARPINTERÍA.-
Carpintería interior tipo 1: puerta de
acceso al WC

T02- TRASDOSADO.-
Yeso laminado
15/48/15

B01- BARANDILLA.-
Barandilla metálica

C4- TECHO.-
Acabado aluminio

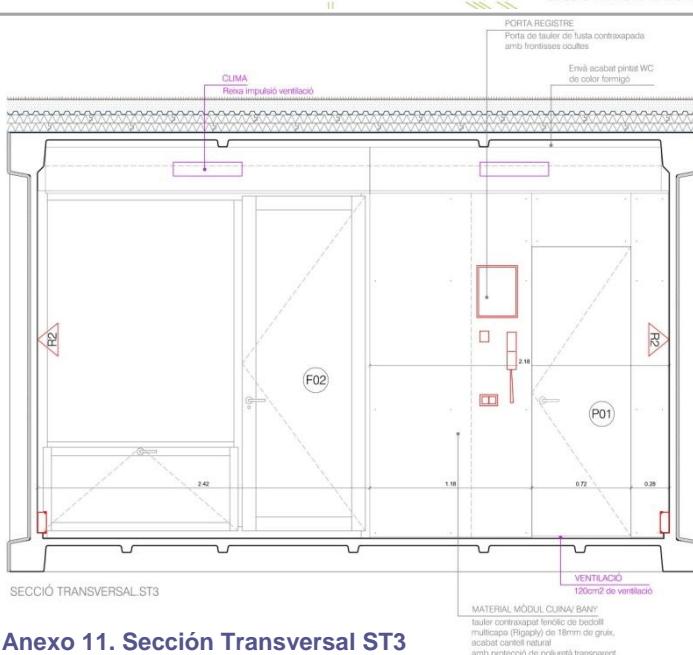
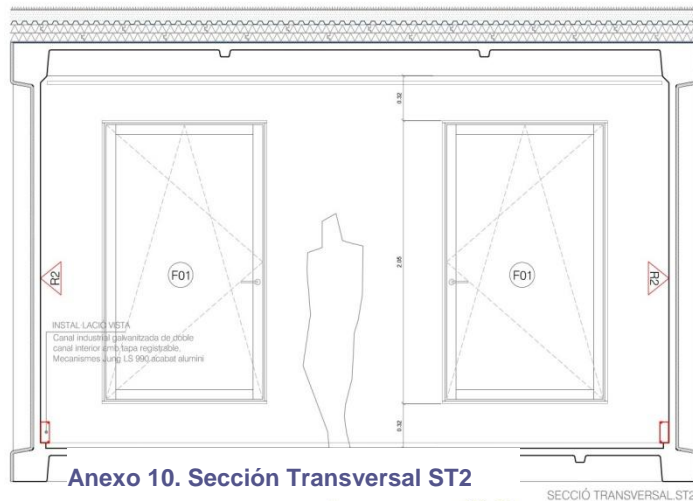
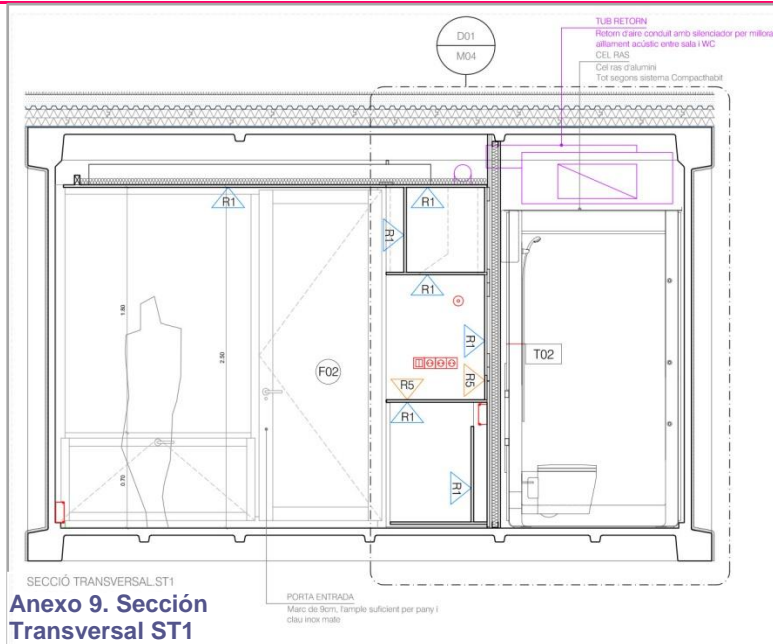
C3- TECHO.-
Acabado hormigón visto

M01-MOBILIARIO.- Cocina

P1- PAVIMENTO.-
Hormigón visto

Detalle D03.
Anexo 17
Pág. 163





D01- DIVISIONES.-
Fachada patio, acupanel
12,5/125/15+15 yeso laminado

D02- DIVISIONES.-
Fachada exterior acupanel
12,5/125/15+15 yeso laminado

S01- SOPORTE METÁLICO.-
Soporte inferior a base de perfiles y rejilla galvanizada con malla de fachada galvanizada tensada a torsión simple

S02- SOPORTE METÁLICO.-
Soporte superior a base de perfiles y rejilla galvanizada con malla de fachada galvanizada tensada a torsión simple

R1- REVESTIMIENTO.-
Tablero fenólico de madera contrachapada de espesor 18mm

R2- REVESTIMIENTO.-
Hormigón visto

R3- REVESTIMIENTO.-
Acabado con pintura plástica

R5- REVESTIMIENTO.-
Chapa acero inox. Mate

F01- CARPINTERÍA.-
Carpintería exterior tipo 1: ventana

F02- CARPINTERÍA.-
Carpintería exterior tipo 2: puerta de

F04- CARPINTERÍA.-
Carpintería exterior tipo 4: Cubrición instalaciones con chapa galvanizada registrable

P01- CARPINTERÍA.-
Carpintería interior tipo 1: puerta de acceso al WC

T02- TRASDOSADO.-
Yeso laminado
15/48/15

B01- BARANDILLA.-
Barandilla metálica

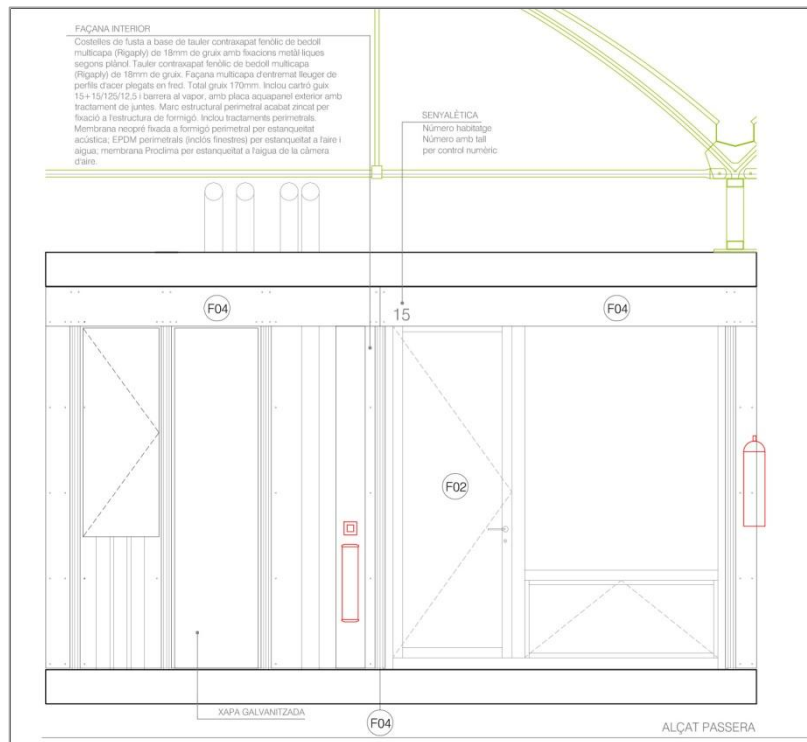
C4- TECHO.-
Acabado aluminio

C3- TECHO.-
Acabado hormigón visto

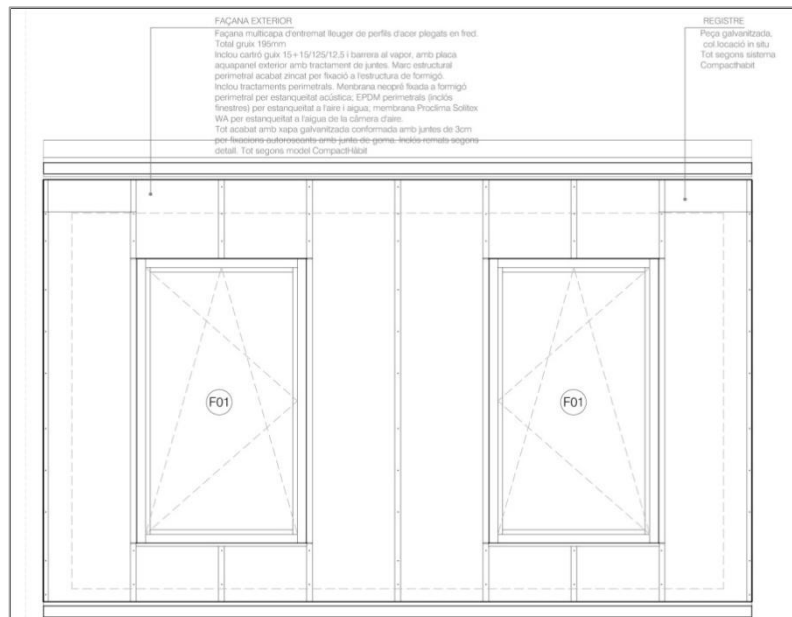
M01-MOBILIARIO.- Cocina

P1- PAVIMENTO.-
Hormigón visto

D01- DIVISIONES.- Fachada patio, acuapanel 12,5/125/15+15 yeso laminado
D02- DIVISIONES.- Fachada exterior acuapanel 12,5/125/15+15 yeso laminado
S01- SOPORTE METÁLICO.- Soporte inferior a base de perfiles y rejilla galvanizada con malla de fachada galvanizada tensada a torsión simple
S02- SOPORTE METÁLICO.- Soporte superior a base de perfiles y rejilla galvanizada con malla de fachada galvanizada tensada a torsión simple
R1- REVESTIMIENTO.- Tablero fenólico de madera contrachapada de espesor 18mm
R2- REVESTIMIENTO.- Hormigón visto
R3- REVESTIMIENTO.- Acabado con pintura plástica
R5- REVESTIMIENTO.- Chapa acero inox. Mate
F01- CARPINTERÍA.- Carpintería exterior tipo 1: ventana
F02- CARPINTERÍA.- Carpintería exterior tipo 2: puerta de
F04- CARPINTERÍA.- Carpintería exterior tipo 4: Cubrición instalaciones con chapa galvanizada registrable
P01- CARPINTERÍA.- Carpintería interior tipo 1: puerta de acceso al WC
T02- TRASDOSADO.- Yeso laminado 15/48/15
B01- BARANDILLA.- Barandilla metálica
C4- TECHO.- Acabado aluminio
C3- TECHO.- Acabado hormigón visto
M01-MOBILIARIO.- Cocina
P1- PAVIMENTO.- Hormigón visto



Anexo 12.
Alzado Pasillo transitable (Interior)



Anexo 13.
Alzado Exterior

LEYENDA DE MATERIALES

1. Fachada patio

Madera a base de tableros contrachapados fenólicos de abedul multicapa (Rigaply) de 18mm de espesor con fijaciones metálicas.
 Fachada de entramado metálico ligero de perfiles de acero plegados en frío. Incluido cartón-yeso 15+15/125/12,5 con barrera de vapor y placa acupanel exterior con tratamiento de juntas.
 Marco estructural perimetral acabado en Zinc para fijación a la estructura de hormigón.
 Membrana de neopreno fijada al hormigón perimetral para estanqueidad acústica; EPDM perimetral (incluido en ventanas) para estanqueidad al aire y agua; membrana PROCLIMA para estanqueidad al agua de la cámara de aire.

2. Carpintería patio

Conjunto de aperturas con madera laminada de pino acabado con lasur transparente; perfilaría Europa; herrajes GU; manillas tubo recto de acero inox. Microventilación.

3. Pavimento pasillo

Hormigón acabado antideslizante.

4. Fachada exterior

Entramado de perfilaría ligera de acero plegado en frío. Placa cartón-yeso 15+15/125/12,5, barrera de vapor, placa acupanel exterior y tratamiento para juntas. Marco estructural acabado en Zinc para fijación a la estructura de hormigón. Tratamientos perimetrales: neopreno fijado al hormigón perimetral para estanqueidad acústica; EPDM perimetral (incl. en ventanas) para estanqueidad aire y agua; membrana PROCLIMA SOLITEX WA para estanqueidad agua de la cámara de aire. Todo acabado con chapa galvanizada conformada con juntas de 3cm para fijaciones auto roscantes con junta de goma.

5. Carpintería exterior

Conjunto de aperturas con madera laminada de pino, protección con Lasur transparente; perfilaría Europa; herrajes GU; manillas tubo recto de acero inox. Vidrios con baja emisividad.

6. Pasillos metálicos

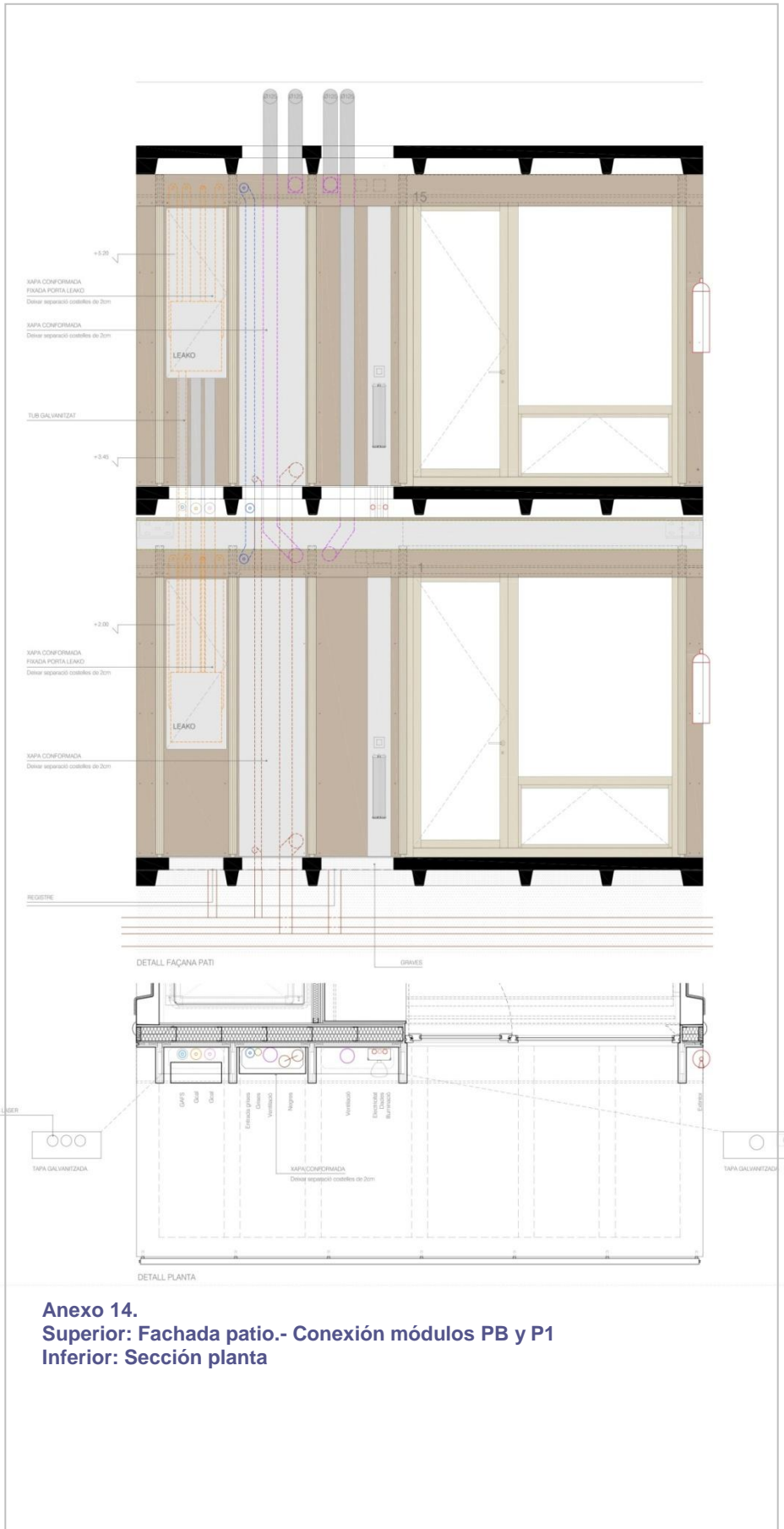
Pasillos de soporte a base de perfiles de acero galvanizado con estructura tubular y tubo para fijación de malla de fachada galvanizada tensada a torsión simple y rejillas estándar de 30x30x2mm de 1000x700mm. Todo soldado y galvanizado en caliente.

7. Remate impermeabilización

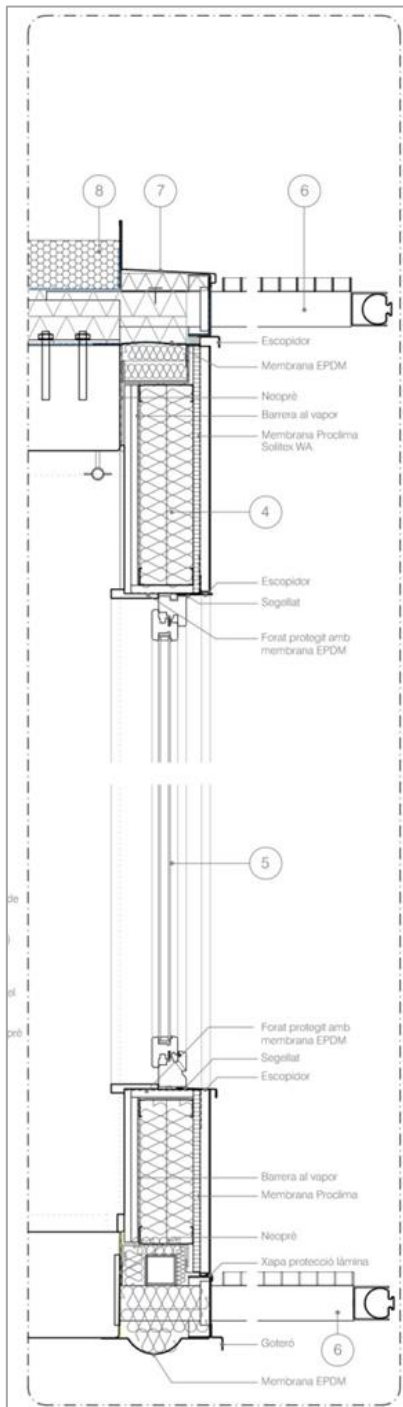
Lámina DANAPOL FV 1.2. Acabado con perfil Chapolam incluida membrana antipunzonamiento. Remate perimetral L galvanizada 100x250mm de e=3mm con fijación mecánica.

8. Sistema DANAPOL. Cubierta plana ajardinada extensiva (ecológica)

- 7 cm con plantas tipo SEDUM y grava perimetral
- Roca volcánica
- Capa substrato vegetal ECOTER
- " separadora DANOFELT PY-200
- " retenedora DANODREN R-20
- " separadora DANOFELT PY-200
- Aislamiento térmico DANPREN – Poliestireno de alta densidad 6+6cm
- Capa separadora DANOFELT PY-300
- Lámina Impermeabilizante DANOPOL FV1.2 - Desbordante
- Capa antipunzonamiento separadora DANOFELT PY-300
- Losa nervada de HA aligerado sobre módulo prefabricado. Incluido rebosadero, parte proporcional de grava y sistema FALLNET (línea de vida).

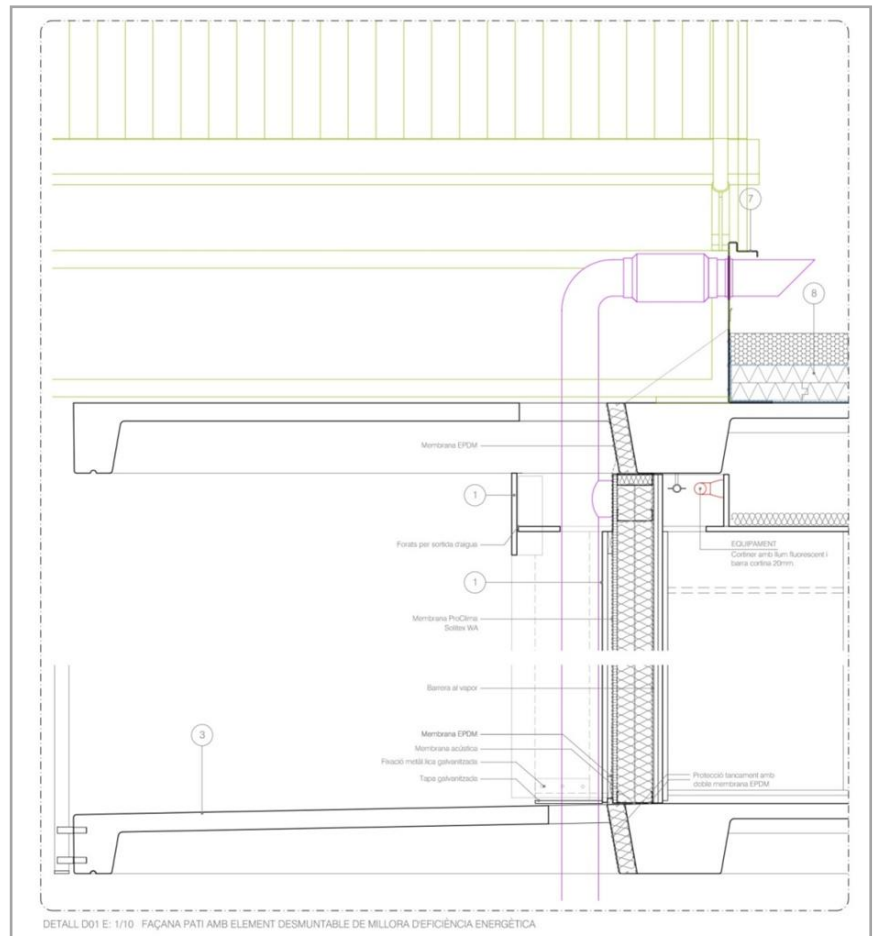
**Anexo 14.**

Superior: Fachada patio.- Conexión módulos PB y P1
Inferior: Sección planta

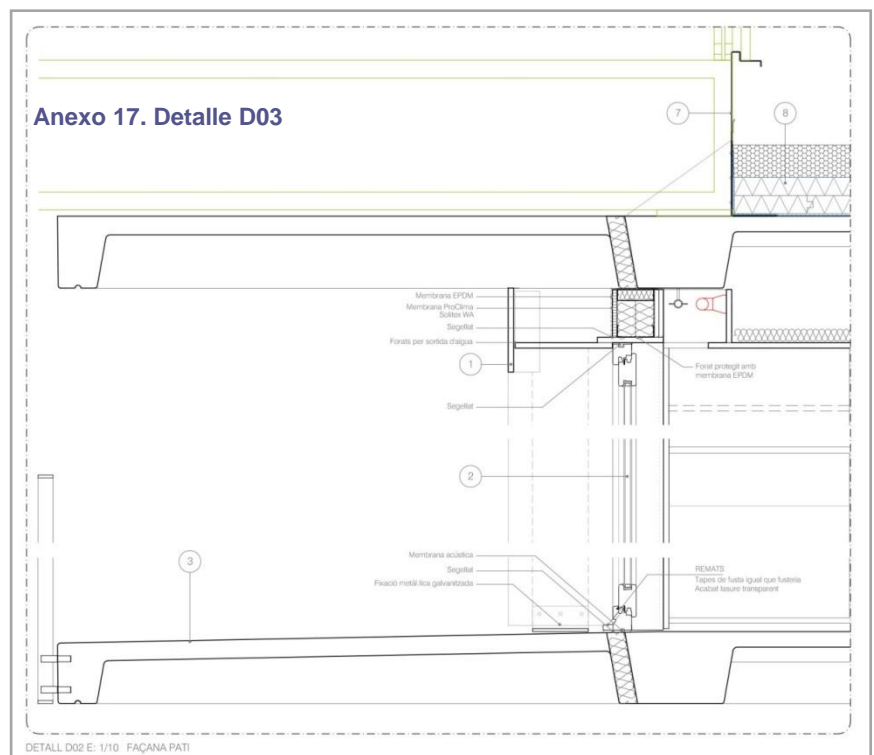


Anexo 15. Detalle D01

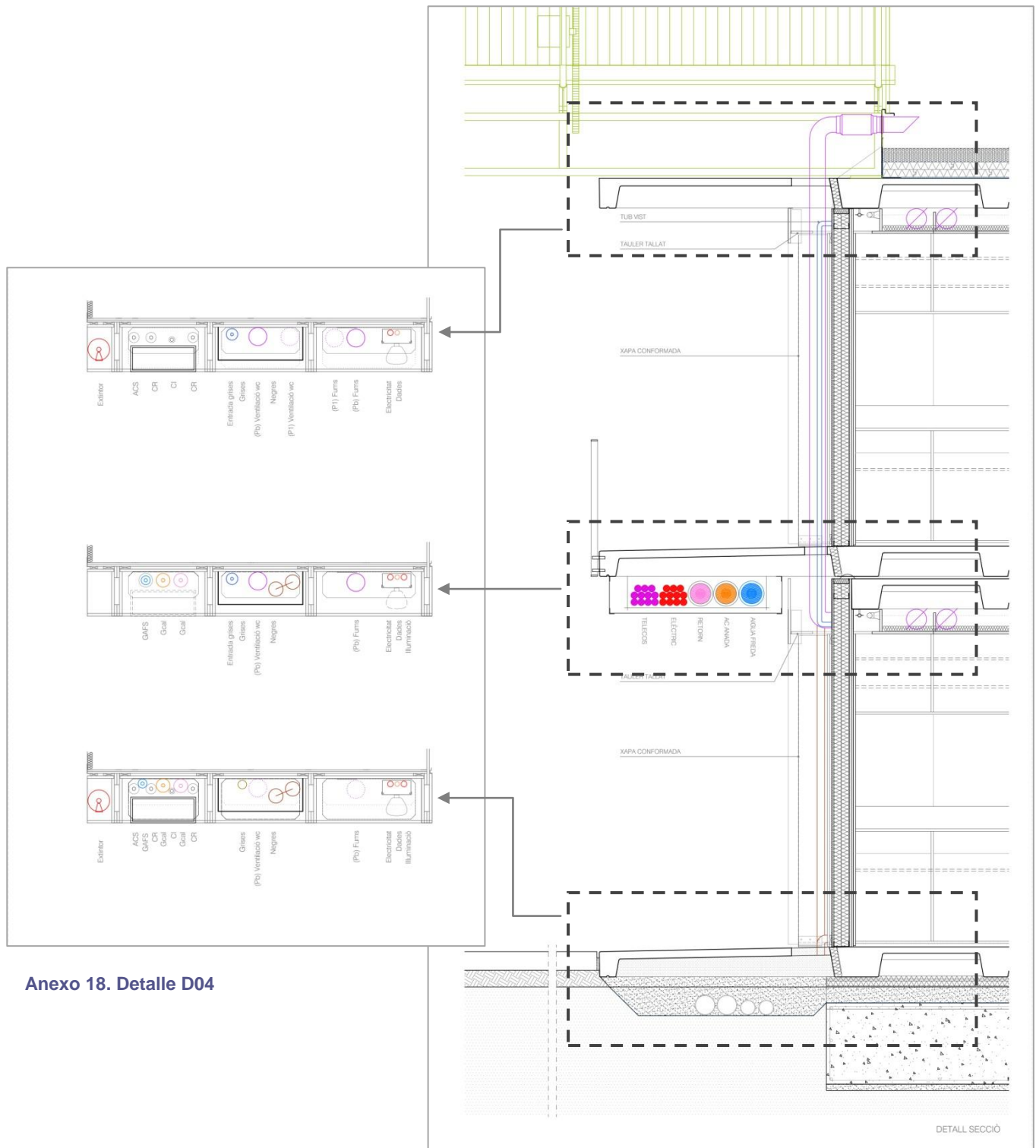
1. Fachada patio
2. Carpintería patio
3. Pavimento pasillo transitable
4. Fachada exterior
5. Carpintería exterior
6. Pasillo metálicos exterior
7. Remate impermeabilización
8. Sistema DANAPOL. Cubierta plana ajardinada extensiva (Ecológica)



Anexo 16. Detalle D02

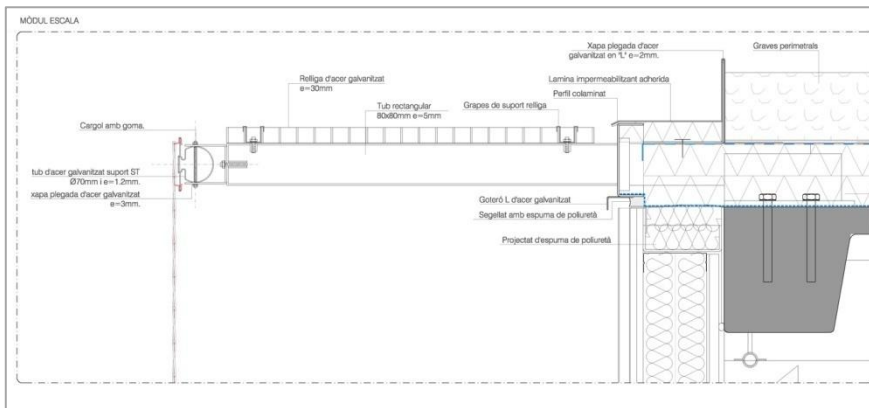


Anexo 17. Detalle D03

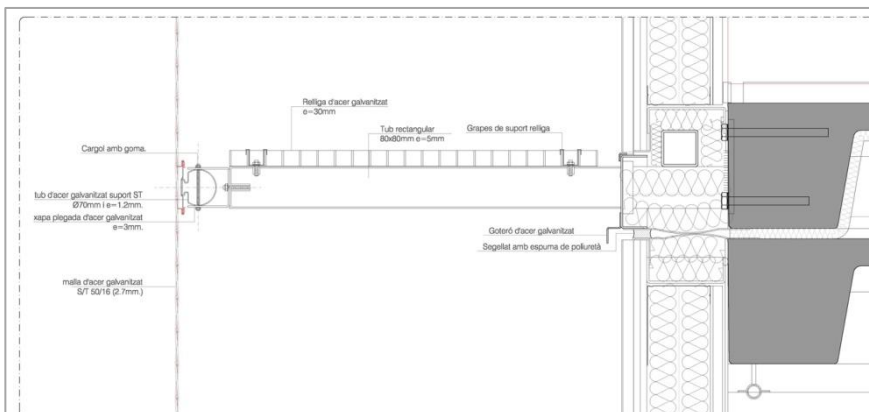


Anexo 18. Detalle D04

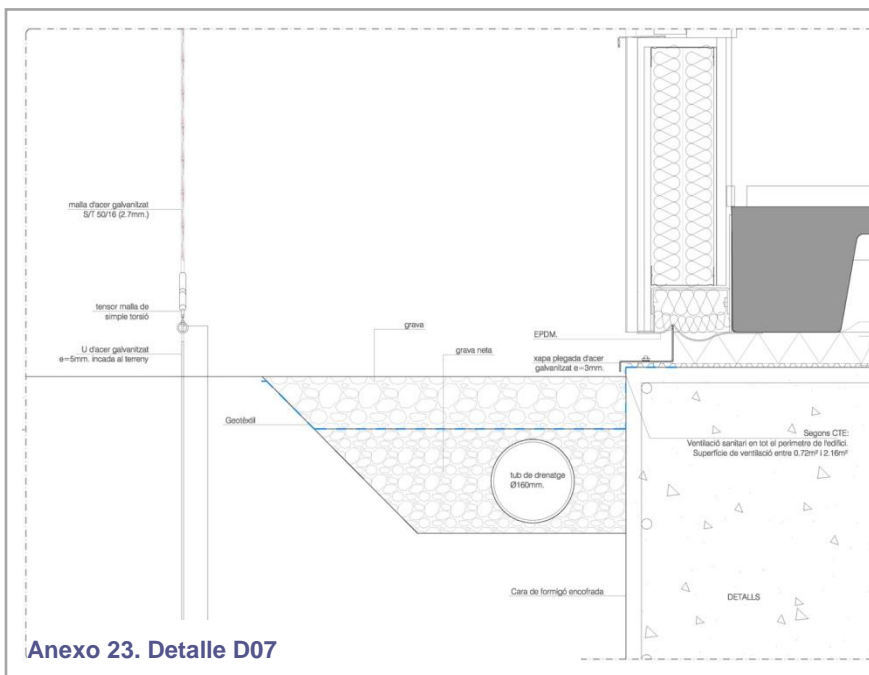
Anexo 19. Sección Vertical Fachada patio.
Detalle Conexión de módulos P1 y P2



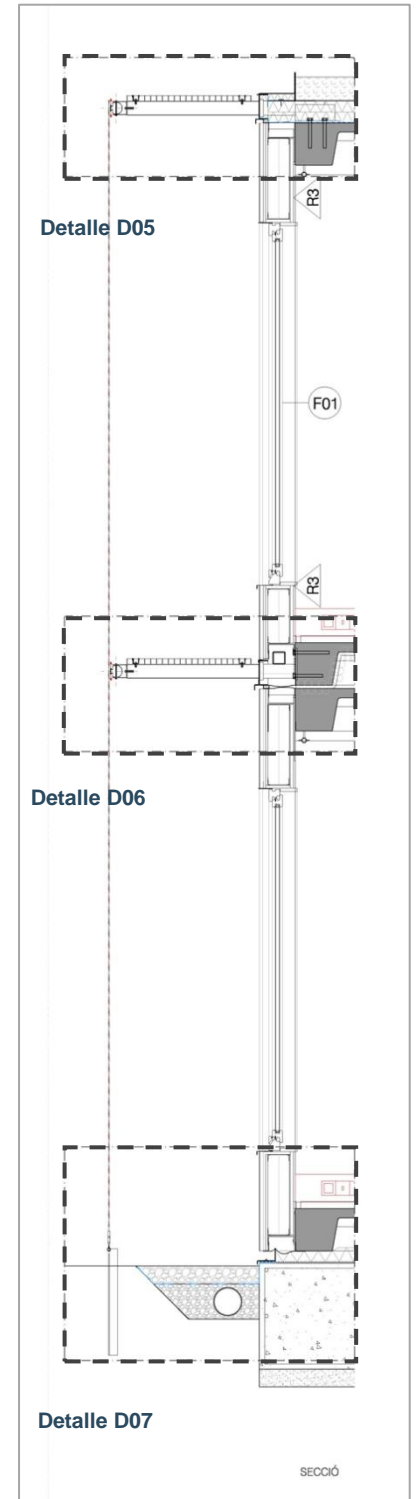
Anexo 20. Detalle D05



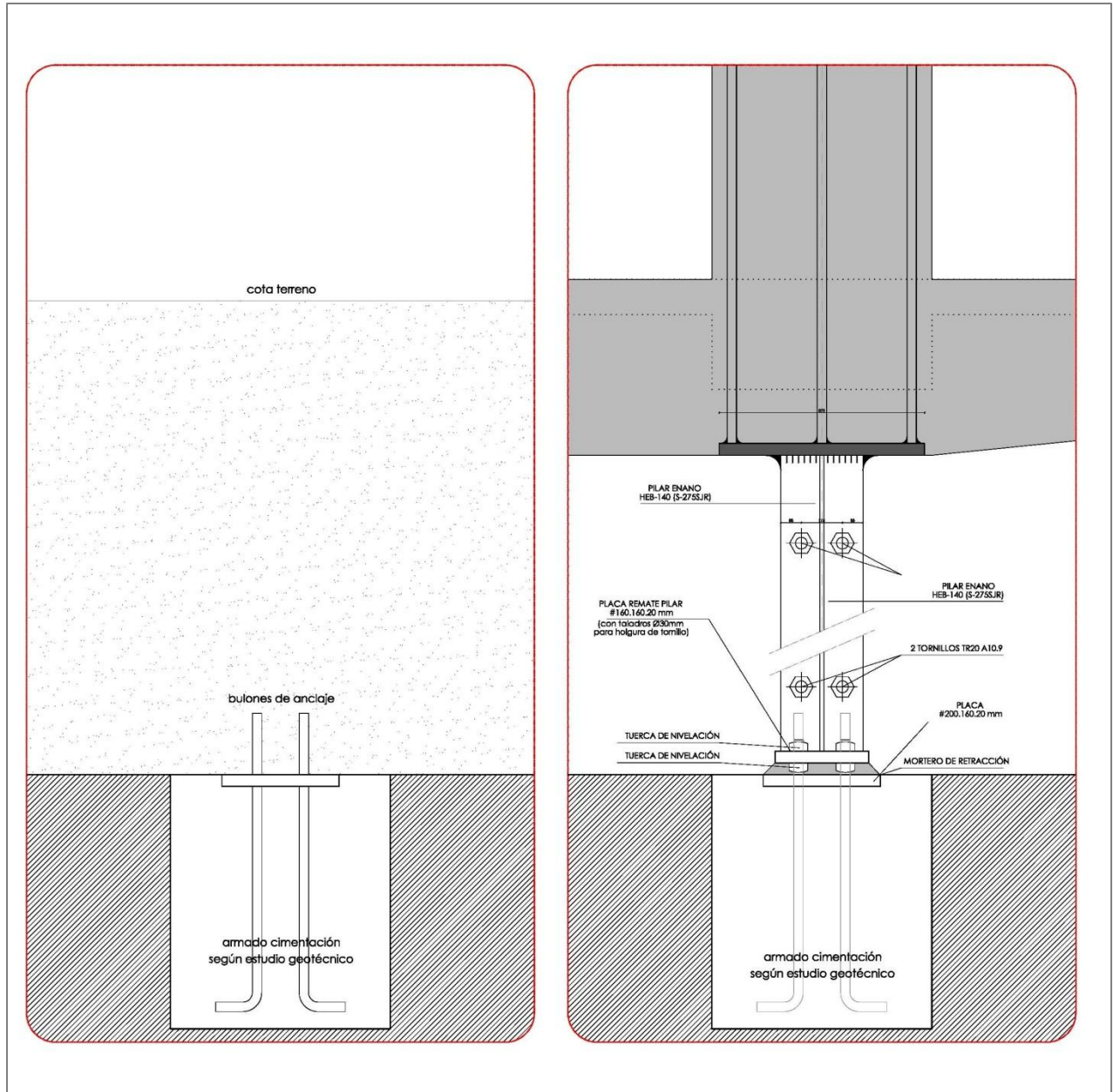
Anexo 21. Detalle D06



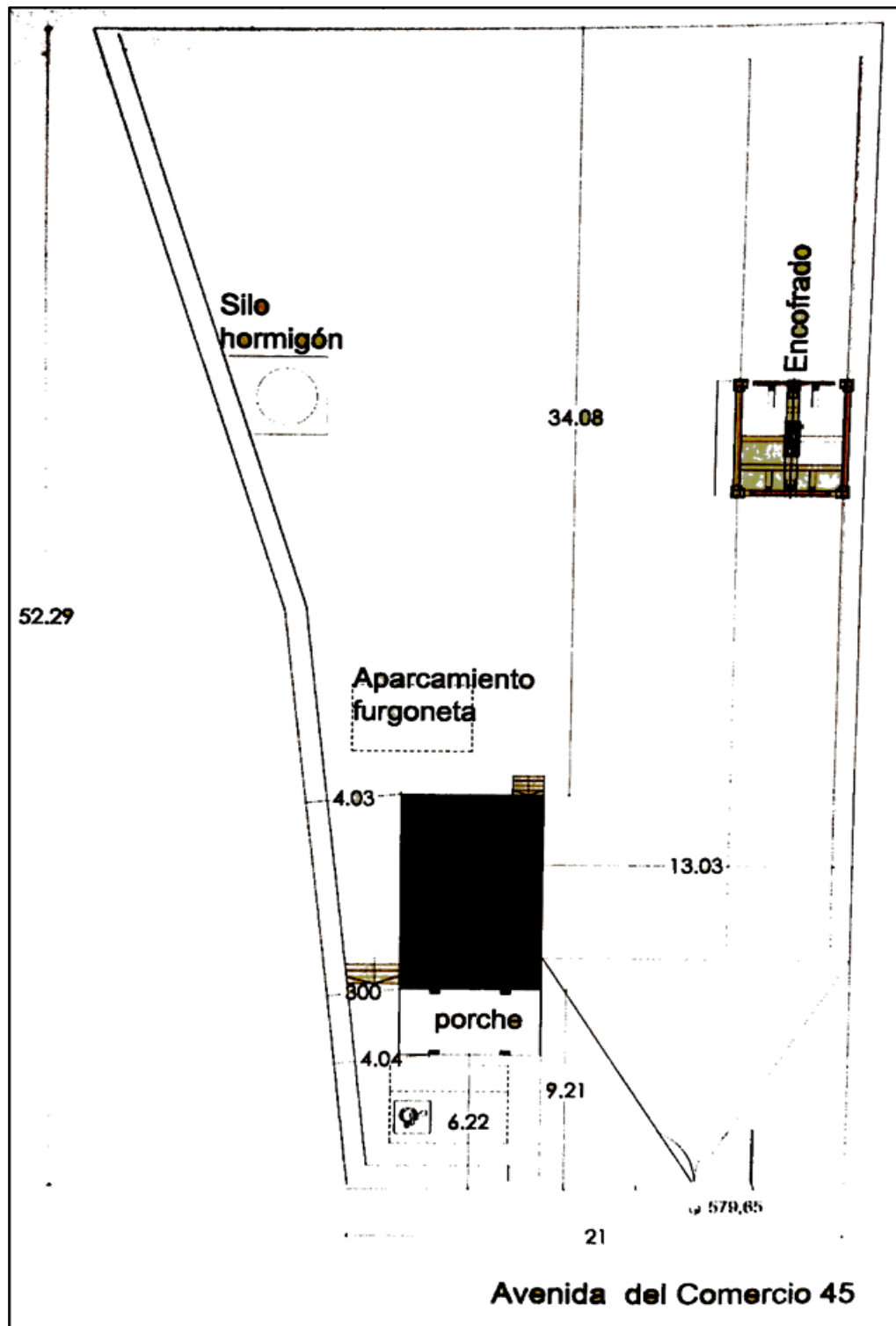
Anexo 23. Detalle D07


Anexo 22.
Sección Vertical
Fachada Exterior

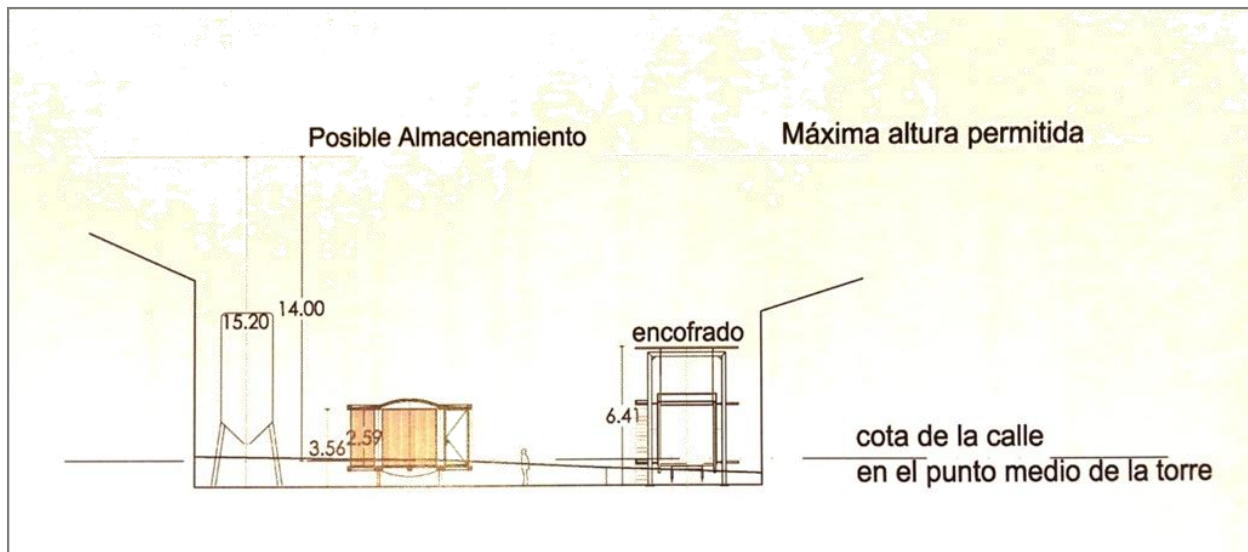
5.3. Anexo Caso Estudio 2



Anexo 24.
Detalle cimentación no solidaria con el terreno



Anexo 25. Planta.
Posicionamiento en parcela y
cumplimiento de normativa vigente



Anexo 26. Sección Transversal.
Esquema de altura de la edificación

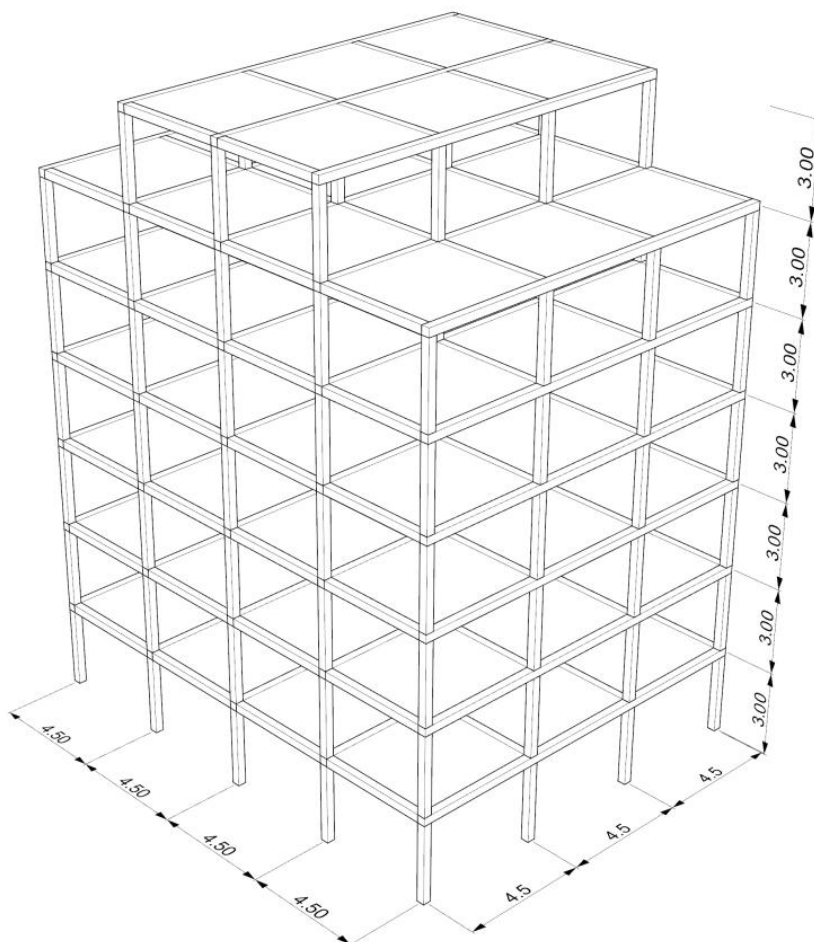
Anexo 27.
Cuadro de superficies útiles

CUADRO DE SUPERFICIES ÚTILES	
<i>Planta Baja</i>	
Oficina	18,5 m ²
Almacén	11,45 m ²
Vestuarios	12,35 m ²
Comunicaciones	9,95 m ²
Total Sup. Útil P. BAJA	42,3 m²
Porche 1 (50% de 17,50)	8,75 m ²
Porche 2 (50% de 4,70)	2,35 m ²
Total Sup. Útil exterior PB	11,1 m²
TOTAL SUP. ÚTIL OFICINA-ALMACÉN	53,4 m²

Anexo 28.
Cuadro de superficies construidas

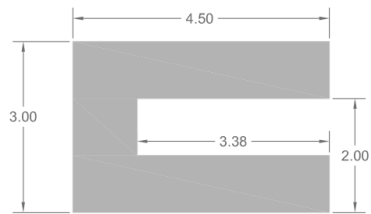
CUADRO DE SUPERFICIES CONSTRUIDAS	
TOTAL CONSTRUIDO. Planta baja cota 579,8	60,70 m ²
TOTAL SUP. CONSTRUIDA OFICINA-ALMACÉN	60,70 m²

5.4. Anexo Propuesta de Actuación

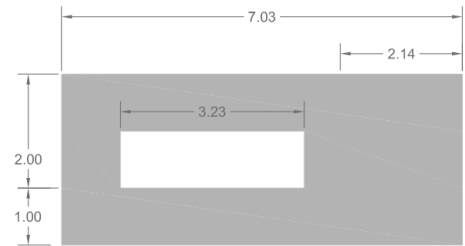


Anexo 29.
Estructura porticada de hormigón armado

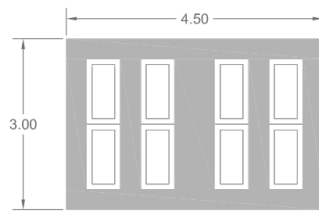
Tipo 1



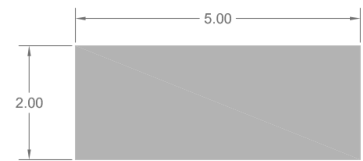
Tipo 2



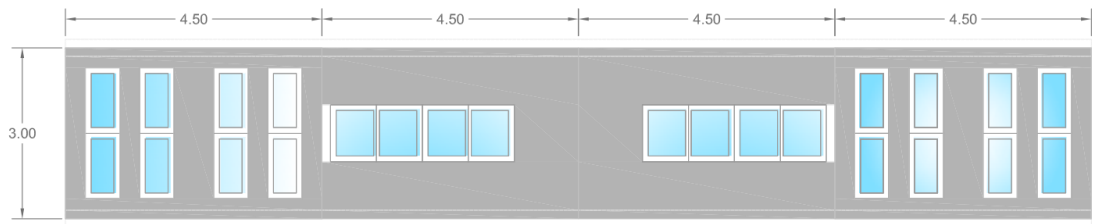
Tipo 3



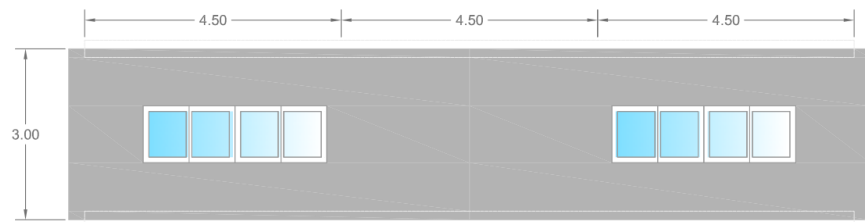
Tipo 4



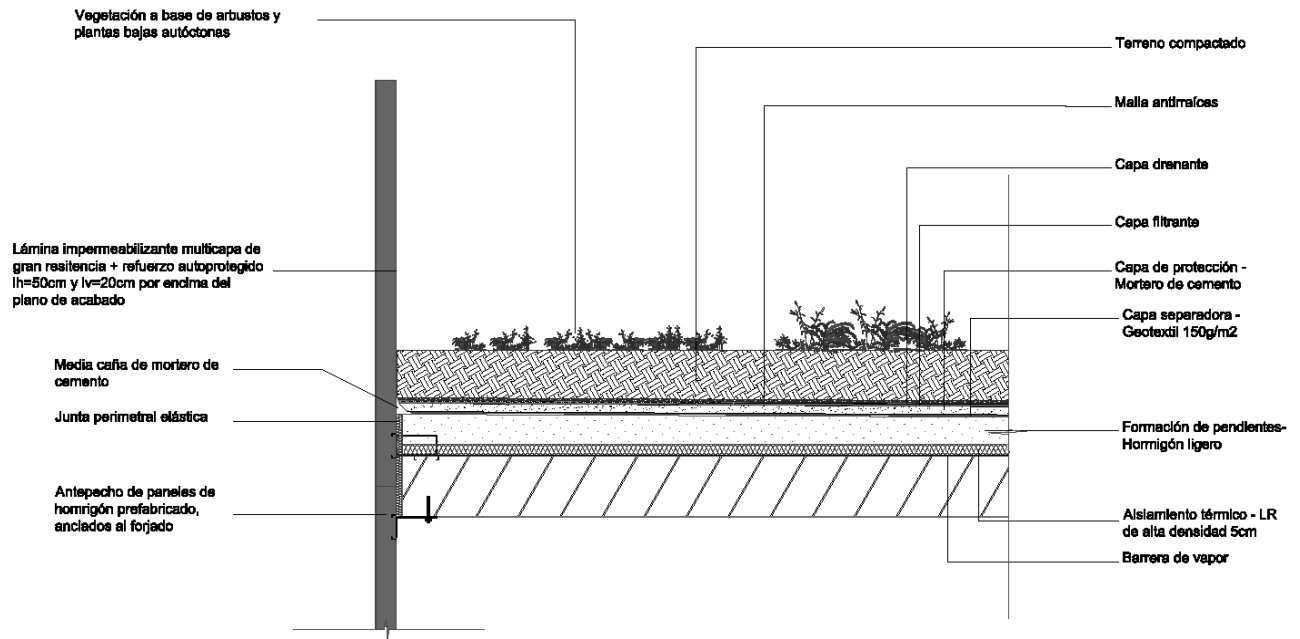
Tipo 1 + Tipo 3



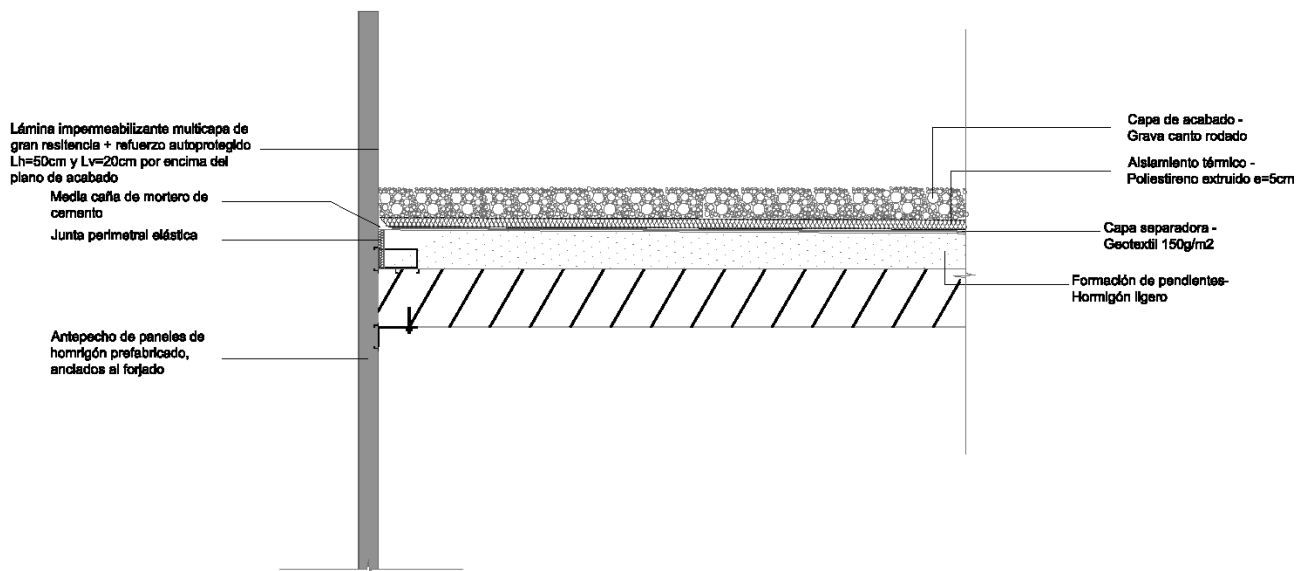
Tipo 2



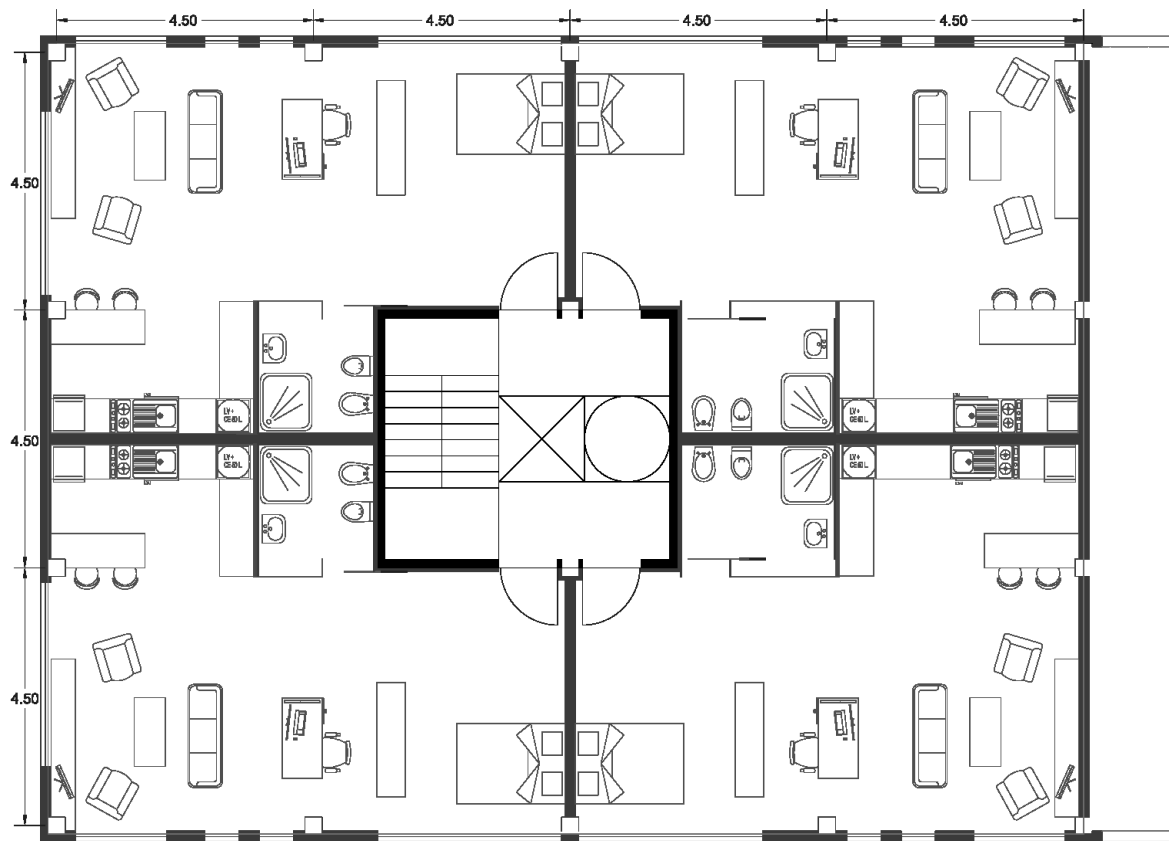
Anexo 30.
Paneles prefabricados de hormigón arquitectónico modulados a ejes de pilares



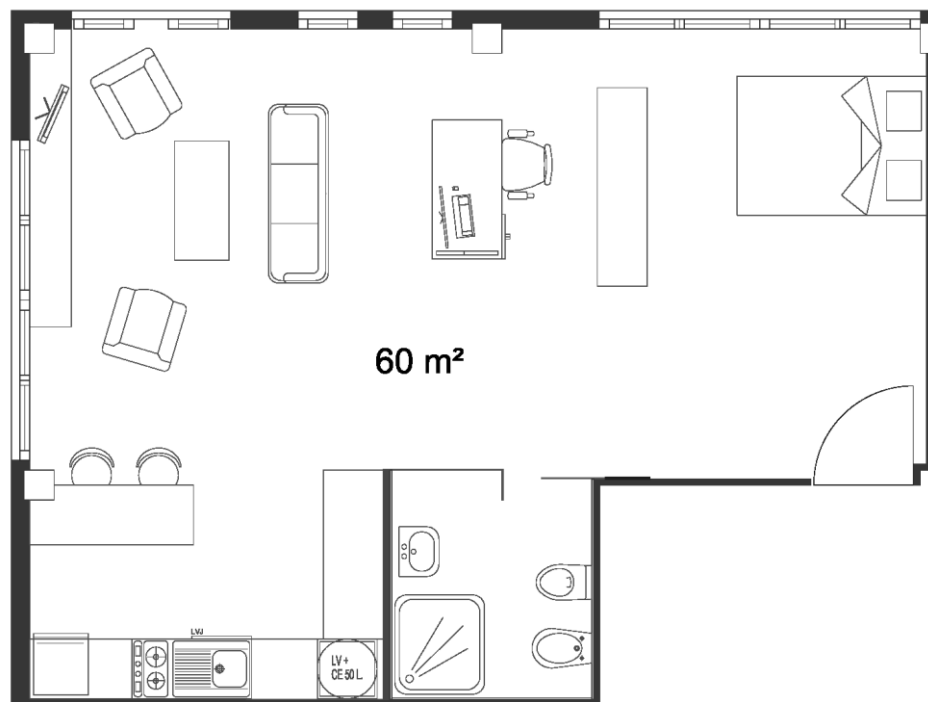
Anexo 31.
Detalle Cubierta AjardinadaTipo



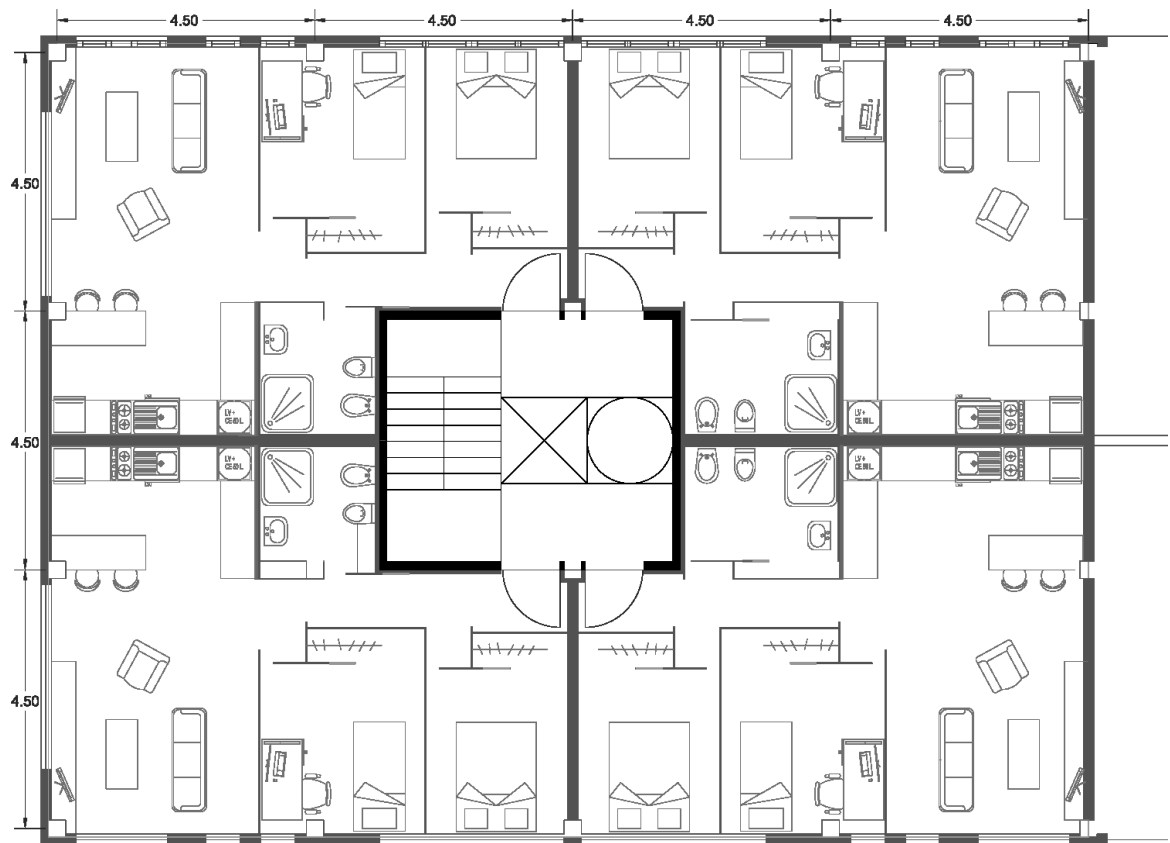
Anexo 32.
Detalle Cubierta Invertida No Transitable Tipo



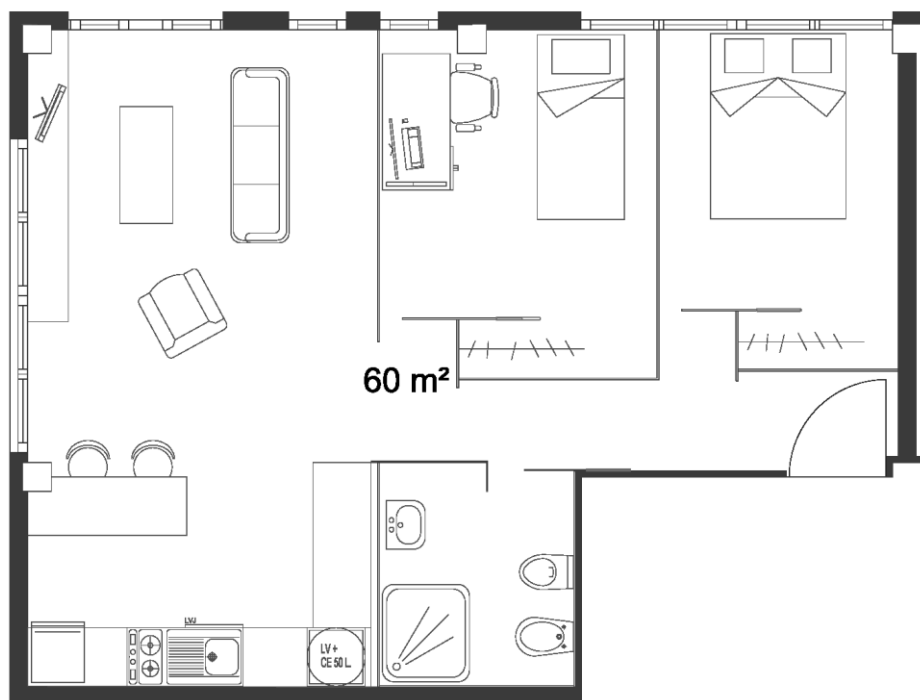
Anexo 33.
Planta Distribución de Viviendas tipo Loft



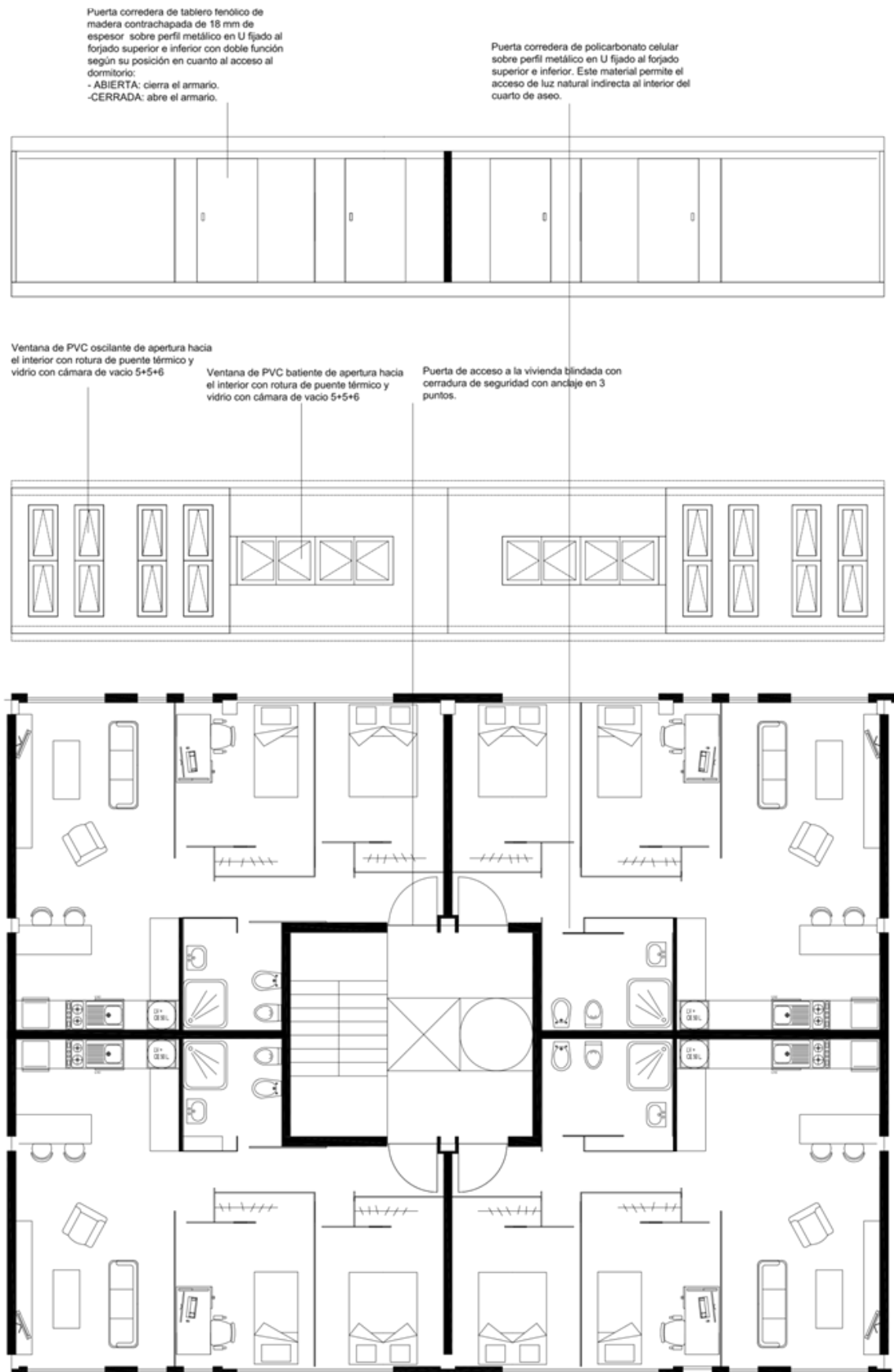
Anexo 34.
Vivienda Propuesta "Semi-Acabada" tipo 2



Anexo 35.
Planta distribución de viviendas con divisiones interiores

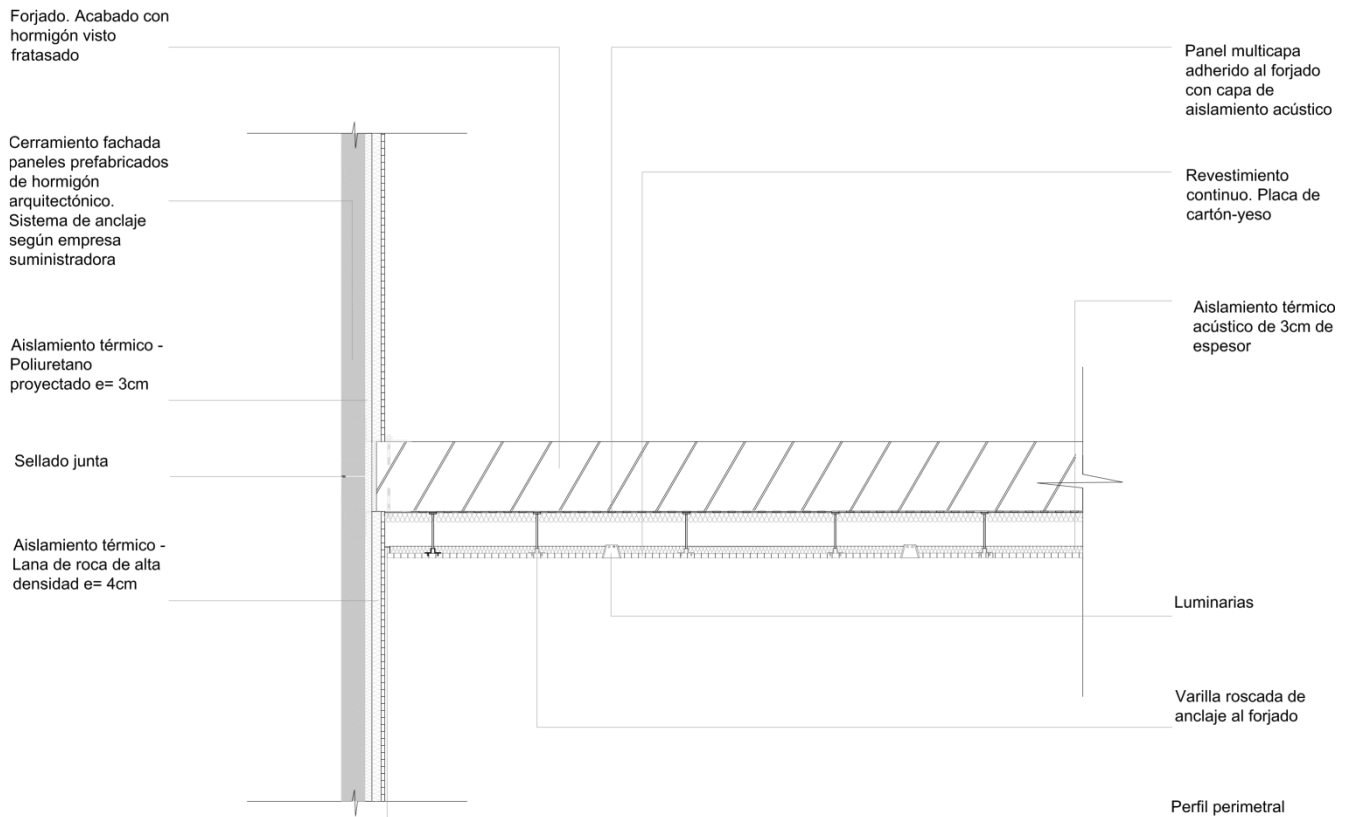


Anexo 36.
Vivienda propuesta "Semi-Acabada" tipo 1 / Vivienda propuesta totalmente acabada



Anexo 37.
Carpinterías Tipo. Exterior e Interior

El hueco generado entre el forjado y el falso techo debe ser el suficiente para albergar las instalaciones de iluminación para luminarias así como cableado y tuberías de agua.

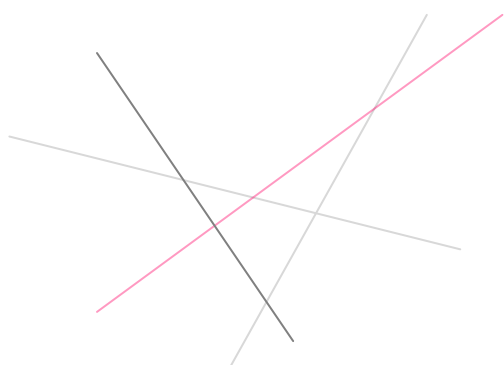


Anexo 38.
Esquema de falso techo para albergar las instalaciones procedentes

1. INTRODUCCIÓN
2. LOW COST
3. DESARROLLO
4. CONCLUSIONES
5. ANEXOS

6. BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA



6.1. Documentación escrita

- WIKIPEDIA, *Michael Porter* [en línea]: enciclopedia libre. Consulta: [4 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Michael_Porter>
- ULLOA, ENRIQUE. *El concepto Low Cost como estrategia Empresarial* [en línea]. Konect estrategia, 3 de marzo de 2013, consulta: [4 de agosto de 2013]: blog. Disponible en Web: <<http://konektoempresas.com/el-concepto-low-cost-como-estrategia-empresarial-2/>>
- ALCÁZAR, Pilar. *Ideas para tu estrategia* [en línea]. Hearst Magazines SL, 19 de marzo de 2009, consulta: [4 de agosto de 2013]: Revista digital. Disponible en Web: <<http://www.emprendedores.es/crear-una-empresa/como-crear-una-empresa-low-cost/estrategia-low-cost>>
- WIKIPEDIA, *Ford Motor Company* [en línea]: enciclopedia libre. [Consulta: 5 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Ford_Motor_Company>
- ARIÑO, Miguel A. *¿Y Mercadona, cómo lo hace?* [en línea]. Blog de WordPress.com, 23 de junio de 2011, [consulta: 5 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <<http://miquelarino.com/2011/06/23/%C2%BFy-mercadona-como-lo-hace/>>
- WIKIPEDIA, *Mercadona* [en línea]: enciclopedia libre. [Consulta: 5 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <<http://es.wikipedia.org/wiki/Mercadona>>
- ABRIL, Álvaro, *Ikea y su estrategia* [en línea]: Dineroclub. [Consulta: 5 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <<http://dineroclub.net/ikea-y-su-estrategia/>>
- WIKIPEDIA, *Maison Citrohän* [en línea]: enciclopedia libre. [Consulta: 8 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Maison_Citr%C3%B6han>
- WIKIPEDIA, *Le Corbusier* [en línea]: enciclopedia libre. [Consulta: 8 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Le_Corbusier#Los_cinco_puntos_de_una_nueva_arquitectura>
- WIKIPEDIA, *Casa Eames/ Case Study House nº8* [en línea]: enciclopedia libre. [Consulta: 8 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <http://es.wikiarquitectura.com/index.php/Casa_Eames_/Case_Study_House_n%C2%BA8>
- GADINETTI, marcelo, *Idea y desarrollo de la máquina de habitar* [en línea]. Tecne portal, agosto de 2012. [Consulta 10 de agosto de 2013] Disponible en Web: <<https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=0CEsQFjAF&>>

[url=http%3A%2F%2Ftecne.com%2Farquitectura%2Fle-corbusier-casas-citrohan%2F&ei=V_CpUq7dG6aR7Aa54YC4Cg&usq=AFQjCNGD2vIRAfM_PzmNYaf9qYdjCnEODA&sig2=bPeZGN55DkXmOnVFor9Nhq](http://3A%2F%2Ftecne.com%2Farquitectura%2Fle-corbusier-casas-citrohan%2F&ei=V_CpUq7dG6aR7Aa54YC4Cg&usq=AFQjCNGD2vIRAfM_PzmNYaf9qYdjCnEODA&sig2=bPeZGN55DkXmOnVFor9Nhq)>

- MURCIA, Xavier D., *Case Study house N°8* [en línea] : EEUDI 1314 blogspot, 29 de octubre de 2013. [Consulta: 11 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <http://eeudi1314.blogspot.com.es/2013/10/case-study-house-n8-charles-and-ray.html>>
- VAUMM, *Casa Eames/ CSH 8* [en línea]. Blogspot, 6 de octubre de 2012. [Consulta: 11 de agosto de 2013]. Disponible en Web: <http://vaumm.blogspot.com.es/2012/10/casa-eames-csh-8.html>>
- PREHORQUISA, *Catálogo Completo (Presentación y Proyectos Destacados)* [en línea]. [Consulta: septiembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.prehorquisa.com/>>
- TECNYCONTA. *Panel prefabricado GRC* [en línea]. [Consulta: septiembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.tecnyconta.es/>>
- SIPANEL, *Sistema constructivo eficiente* [en línea]: catálogo. [Consulta: septiembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.sipanel.com/>>
- SANTA CRUZ ASTORQUI, Jaime, *Innovación en materiales y sistemas constructivos. Los cerramientos prefabricados. Tendencias. Nuevos sistemas* [en línea]. [Consulta: septiembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.euatm.upm.es/santacruz/Docencia/cursos/Prefabricacion-META.pdf>>
- COMPACT HABIT, *Construcción modular* [en línea]: Noticias y novedades. [Consulta: octubre, noviembre y diciembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.compacthabit.com/>>
- COMPACT HABIT, *DITE, Documento de Idoneidad Técnica Europeo* [en línea]: documentación pdf. [Consulta: Noviembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.compacthabit.com/>>
- COMPACT HABIT, *Serie de documentos: "Código ético"* [en línea]: documentación pdf. [Consulta: Noviembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.compacthabit.com/>>
- COMPACT HABIT, *Serie de documentos: "Condiciones de diseño"* [en línea]: documentación pdf. [Consulta: Noviembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.compacthabit.com/>>
- COMPACT HABIT, *Serie de documentos: "Más información sobre el módulo"* [en línea]: documentación pdf. [Consulta: Noviembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.compacthabit.com/>>

- COMPACT HABIT, *Serie de documentos: "Cimentación sobre el terreno"* [en línea]: documentación pdf. [Consulta: Noviembre de 2013]. Disponible en Web: [<http://www.compacthabit.com/>](http://www.compacthabit.com/)
- COMPACT HABIT, *Serie de documentos: "Cimentación sobre estructuras cimentadas convencionalmente"* [en línea]: documentación pdf. [Consulta: Noviembre de 2013]. Disponible en Web: [<http://www.compacthabit.com/>](http://www.compacthabit.com/)
- COMPACT HABIT, *Serie de documentos: "Calidad y confort de la edificación modular"* [en línea]: documentación pdf. [Consulta: Noviembre de 2013]. Disponible en Web: [<http://www.compacthabit.com/>](http://www.compacthabit.com/)
- CONSTRUCTORA D'ARO, *Construimos con método* [en línea]. [Consulta: octubre de 2013]. Disponible en Web: [< http://www.constructoradaro.com/>](http://www.constructoradaro.com/)
- HARQUITECTES, *Estudio de arquitectura* [en línea]: noticias. [Consulta: 10 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: [<http://www.harquitectes.com>](http://www.harquitectes.com/)
- HARQUITECTES, *912. Viviendas para universitarios, St. Cugat* [en línea]. Proyectos. [Consulta: 10 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: [<http://www.harquitectes.com/#/es/h/proyectos/plurifamiliar/viviendas-912>](http://www.harquitectes.com/#/es/h/proyectos/plurifamiliar/viviendas-912)
- ROS MAJÓ, Xavier. "Viviendas low cost. Residencia Universitaria ETSAV" [en línea]. Mensaje en: [<=?iso-8859-1?Q?Xavier_Ros_Maj=F3?=>](mailto:iso-8859-1?Q?Xavier_Ros_Maj=F3?=). Mon, 18 Nov 2013 01:45:13 - 0800. Message-ID: A69ADC80566F5F4F803854B7546AFA0DC3EA44@SERVIDOR2013.harquitectesap.local
Documentación solicitada
- ROS MAJÓ, Xavier. "Viviendas low cost. Residencia Universitaria ETSAV" [en línea]. Mensaje en: [<=?iso-8859-1?Q?Xavier_Ros_Maj=F3?=>](mailto:iso-8859-1?Q?Xavier_Ros_Maj=F3?=). Mon, 18 Nov 2013 01:45:13 - 0800. Message-ID: A69ADC80566F5F4F803854B7546AFA0DC3EA44@SERVIDOR2013.harquitectesap.local
. Documentación solicitada
- LÓPEZ , Emiliano y Rivera, Mónica, *27 viviendas de protección oficial de alquiler para jóvenes en Barcelona* [en línea] Concurso Arquitectos. [Consulta: 11 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: [<http://www.lopez-rivera.com/proyectos/selected/vpo_barcelona.html>](http://www.lopez-rivera.com/proyectos/selected/vpo_barcelona.html)
- OBOX, *Oval Box Housing* [en línea]: vivienda prefabricada. [Consulta: noviembre y diciembre de 2013]. Disponible en Web: [< http://www.oboxhousing.com/>](http://www.oboxhousing.com/)
- OBOX, *Catálogo soluciones Obox* [en línea]: catalogo digital pdf. [Consulta: diciembre de 2013]. Disponible en Web: [<http://www.oboxhousing.com>](http://www.oboxhousing.com)

- OBOX, *Catálogo viviendas (general)* [en línea]: catálogo digital pdf. [Consulta: diciembre de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.oboxhousing.com>>
- OBOX, *Presentación Obox* [en línea]: catálogo digital pdf. [Consulta: diciembre de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.oboxhousing.com>>
- FREDIANI, Arturo, *12 VPO en Vilassar de Dalt* [en línea] Vivienda construida. [Consulta: 11 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.fredianiarquitectura.com/index.php?/project/vpo-a-vilassar-de-mar/>>
- IS ARQUITECTURA_PREFAB, *Las casas modulares de Compact Habit* [en línea]. 20 de mayo de 2013, Blog. [Consulta: 25 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <<http://blog.is-arquitectura.es/2013/05/20/las-casas-prefabricadas-compact-habit/>>
- MADERAS PLANES, *Tableros contrachapados fenólicos* [en línea]. [Consulta: Noviembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.maderasplanes.com/productos/tableros/contrachapados/fenolicos_okumen_chopo.html>
- WIKIPEDIA. *Hágalo usted mismo* [en línea]: enciclopedia en línea. [Consulta: 27 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <es.wikipedia.org/wiki/Hágalo_usted_mismo>
- TEXTA, *Impermeabilización* [en línea]: catálogo. [Consulta: 22 de octubre de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.texsa.com/es/sistemas.asp?ficha=15b>>
- ZINCO, *Life on Roofs* [en línea]: catálogo. [Consulta: 30 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.zinco-cubiertas-ecologicas.es/index.php>>
- VILA, Mar, *Competir con estrategias low cost* [en línea]. Esade (Universidad Ramon Llull. Revista de contabilidad y dirección. Vol 11, año 2010, pp. 25-38. [Consulta: agosto de 2013]. Disponible en Web: <[http://www.accid.org/revista/documents/Competir_con_estrategias_LOW_COST\(D\).pdf](http://www.accid.org/revista/documents/Competir_con_estrategias_LOW_COST(D).pdf)>
- OBOX. "Viviendas de bajo coste" [en línea]. Mensaje en: <info@oboxhousing.com>. Mon, 18 Nov 2013 05:50:23 -0800 (PST). Message-ID: 00bd01cee465\$21d4b120\$657e1360\$@oboxhousing.com. Solicitud de información
- SANCHIS, Juan, *El Consell encarga casa prefabricadas para satisfacer la demanda de VPO* [en línea]. Las provincias.es, agosto de 2007, periódico digital. [Consulta: 23 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <http://www.lasprovincias.es/prensa/20070408/cvalenciana/consell-encarga-casas-prefabricadas_20070408.html>

-
- LAPANADERÍA, *Concurso VPO, tipología de vivienda ampliable en volumen* [en línea]. Lapanaderia. Arquitectura y diseño.[Consulta: 23 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.despachodepan.com/casamasomenos>>
 - TÀPIA, Tània, *Banyoles estrena 32 pisos prefabricats de protecció oficial instal·lats en tres dies* [en línea]. Diariogirona.es, julio de 2010, periódico digital. [Consulta: 23 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <<http://www.diaridegirona.cat/comarques/2010/07/03/banyoles-estrena-32-pisos-prefabricats-proteccio-oficial-installats-tres-dies/416651.html>>
 - ARQ.COM.MX, *Un nuevo concepto de vivienda modular basado en un sistema constructivo industrializado de módulos tridimensionales apilables* [en línea]. Arq.com.mx, 8 de mayo de 2007, Noticias. [Consulta: 24 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: <<http://noticias.arq.com.mx/Detalles/9147.html#.UqrZcfTuJPw>>
 - CONSTRUIBLE.ES, *Un nuevo concepto de vivienda modular basado en un sistema constructivo industrializado de módulos tridimensionales apilables* [en línea]. Construable.es, 27 de abril de 2007, artículos. [Consulta: 24 de noviembre de 2013]. Disponible en Web: < http://www.construible.es/articulos/compact-habit?old_url=%2fnoticiasDetalle.aspx%3fc%3d6%26id%3d1618>

6.2. Documentación gráfica

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1	13
<i>Fuente: www.elpulso.es [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	
Imagen 2	19
<i>Fuente: http://www.pearltrees.com [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	
Imagen 3	23
<i>Fuente: http://ethix.org/2011/01/09/happy-40th-birthday-southwest-airlines [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	
Imagen 4	24
<i>Fuente: http://www.vuelosultimahora.info/ofertas-de-ultima-hora-de-ryanair/ [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	
Imagen 5	25
<i>Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/co [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	
Imagen 6	29
<i>Fuente imagen fondo: http://www.vitruvius.com [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	
Imagen 7	30
<i>Fuente: http://www.vintageandchicblog.com/2011/07/un-genio-atemporal-le-corbusier-i.html [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	
Imagen 8	33
<i>Fuente: http://www.archweb.it/dwg/arch_arredi_famosi/le_corbusier/Casa_Citroham/Casa_Citrohan_1922.html. [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	
Imagen 9	35
<i>Fuente: http://juanarevalillop1.blogspot.com.es/2011/02/casa-eames-case-study-house-n-8_07.html. [en línea]. (Consulta agosto de 2013)</i>	

Imagen 10	36
<i>Fuente:</i> http://miguelcuervoarango.blogspot.com.es/2011_09_01_archive.html [en línea]. (Consulta agosto de 2013)	
Imagen 11	37
<i>Fuente:</i> http://under-rug-swept.blogspot.com.es/2010/05/y-vos-quien-te-juna.html [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)	
Imagen 12	38
<i>Fuente imagen edificio:</i> http://www.leon11.com/LA-NARIZ-DE-KATHERINE [en línea]. (Consulta septiembre de 2013)	
Imagen 13	41
<i>Fuente:</i> www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)	
Imagen 14	41
<i>Fuente:</i> www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)	
Imagen 15	47
<i>Fuente:</i> http://www.maderasplanes.com/ [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)	
Imagen 16	48
<i>Fuente :</i> http://www.maderasplanes.com/ [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)	
Imagen 17	48
<i>Fuente:</i> http://blog.is-arquitectura.es/2013/05/20/las-casas-prefabricadas-compact-habit/ [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)	
Imagen 18	48
<i>Fuente:</i> http://blog.is-arquitectura.es/2013/05/20/las-casas-prefabricadas-compact-habit/ [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)	
Imagen 19	48
<i>Fuente:</i> http://blog.is-arquitectura.es/2013/05/20/las-casas-prefabricadas-compact-habit/ [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)	

Imagen 20	48
<i>Fuente: http://blog.is-arquitectura.es/2013/05/20/las-casas-prefabricadas-compact-habit/ [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Imagen 21. Grupo de imágenes	50
<i>Fotografías realizadas por la autora en la vivienda de Juan Mármol Ortuño</i>	
Imagen 22	51
<i>Fuente: http://arqueologiadelfuturo.blogspot.com.es/2010/09/sistemas-de-construccion-do-it-yourself.html [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 23	51
<i>Fuente: http://arqueologiadelfuturo.blogspot.com.es/2010/09/sistemas-de-construccion-do-it-yourself.html [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 24	51
<i>Fuente: http://arqueologiadelfuturo.blogspot.com.es/2010/09/sistemas-de-construccion-do-it-yourself.html [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 25	51
<i>Fuente: http://arqueologiadelfuturo.blogspot.com.es/2010/09/sistemas-de-construccion-do-it-yourself.html [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 26	55
<i>Fuente: http://morexless.blogspot.com.es [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Imagen 27	56
<i>Fuente: www.modulo industrializado2_UDG.EDU [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Imagen 28	58
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 29	58
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 30	58
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	

Imagen 31	64
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 32	64
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 33	65
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 34	65
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 35	65
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 36	65
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 37	65
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 38	65
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 39	67
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ . Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 40	67
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 41	70
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 42	70
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 43	70
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	

Imagen 44	82
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 45	83
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 46	83
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 47	83
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 48	84
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 49	84
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 50	85
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 51	85
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 52	86
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 53	86
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 54	91
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 55	91
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 56	91
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	

Imagen 57	92
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 58	92
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 59	92
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Imagen 60	104
<i>Fuente: Fotocopia del Proyecto de ejecución de la fábrica de módulos prefabricados tras entrevista con el equipo de Obox</i>	
Imagen 61	105
<i>Fuente: Fotocopia del Proyecto de ejecución de la fábrica de módulos prefabricados tras entrevista con el equipo de Obox</i>	
Imagen 62	105
<i>Fuente: Fotocopia del Proyecto de ejecución de la fábrica de módulos prefabricados tras entrevista con el equipo de Obox</i>	
Imagen 63	109
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Imagen 64	110
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Imagen 65	110
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Imagen 66	110
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ventajas ecológicas de las cubiertas ajardinadas.....	44
<i>Fuente: www.igra-world.com [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 2. Composición fotográfica. Distribución apartamento 40m2	46
<i>Fuente: http://www.naifandtastic.com/2010/01/decoracion-de-casas-pequenas-un.html [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 3. Conjunto de ilustraciones de procesos de prefabricación VS industrialización	53
<i>Fuentes: www.oboxhousing.com; www.compacthabit.com; http://blog.is-arquitectura.es/2013/05/20/las-casas-prefabricadas-compact-habit/ [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 4. Prefabricación	55
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 5. Industrialización.....	56
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 6. Detalle de la conexión de la viga de cimentación en cimentación <i>in situ</i>	66
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 7. Vista general de una cimentación resuelta con la viga de cimentación del sistema Compact Habit®.....	66
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 8. Vista general de una cimentación resuelta con la cimentación prefabricada del sistema Compact Habit®	67
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 9. Sección vertical de la cimentación prefabricada del sistema Compact Habit®.....	67
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	

Ilustración 10. Cono de posicionamiento y cortante.....	68
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 11. Unión vertical entre módulos a través de los conos de posicionamiento y cortante	68
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 12. Apoyo vertical entre módulos	68
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 13. Unión horizontal colocada en la superficie superior horizontal del módulo. Sol. 1	68
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 14. Unión horizontal en cubierta Unión horizontal entre módulos contiguos lateralmente. Sol. 1	68
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 15. Placas de unión horizontal entre módulos Sol. 2	69
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 16. Unión horizontal en fachada. Unión horizontal entre módulos contiguos lateralmente. Sol. 2	69
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 17. Placas de soporte y unión	69
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 18. Apilamiento doble de módulos. Cámaras de aire entre módulos	69
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 19. Conjunto de apoyos entre módulos	69
<i>Fuente: www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 20. Emplazamiento.....	72
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	

Ilustración 21. Secciones transversales	73
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 22. Tipología del módulo ejecutado en obra	74
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 23 Movimiento de tierras y cimentación.....	75
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 24 Zanja de instalaciones.....	75
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 25 Movimiento de tierras y cimentación.....	76
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 26 Movimiento de tierras y cimentación.....	76
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 27 Proyección aislamiento exterior	76
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 28 Instalaciones registrables	76
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 29 Mobiliario interior	77
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 30 Entramado ligero en fachada	77
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 31 Fachada chapa galvanizada exterior	77
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 32 Carpintería madera con membranas anti infiltración de aire.....	77
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 33 Fachada madera de tablero fenólico en el interior del patio.....	77
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	

Ilustración 34 Fachada chapa galvanizada exterior	77
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 35 Traslado a la obra	78
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 36 Transporte especial	78
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 37 Colocación módulo sobre base de cimentación.....	78
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 38 Instalación de anclajes	78
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 39 Colocación módulo.....	79
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 40 Colocación módulo.....	79
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 41 Red de instalaciones superficiales	79
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 42 Detalle constructivo cubierta ecológica.....	79
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 43 Instalación malla para sombreado exterior	80
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 44 Instalación malla para sombreado exterior.....	80
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 45 Vegetación patio interior	80
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 46 Atrio. Patio interior cerrado en invierno	80
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	

Ilustración 47. Atrio. Patio interior abierto en verano	80
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 48. Escalera	81
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 49. Escalera	81
<i>Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)</i>	
Ilustración 50. Dimensión del módulo Obox.....	90
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 51. Pórtico Obox	92
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 52. Movimiento del pórtico.....	93
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 53. Armadura del módulo	93
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 54. Fases de producción	93
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 55. Fábrica	94
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 56. Tipos de fábricas.....	94
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 57. Fábrica de producción: 1200 Obox/Año	95
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 58. Fábrica de producción: 2400 Obox/Año	95
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 59. Fábrica de producción: 4800 Obox/Año	95
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	

Ilustración 60. Fábrica de producción: 9600 Obox/Año	95
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 61. Fábrica de producción (Sistema largo): 4800 Obox/Año	95
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 62. Módulos apilables	96
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 63. Origen del módulo Obox Abovedamiento de los forjados superior e inferior del módulo	96
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 64. Transporte	97
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 65. Esquema de funcionamiento de la fábrica	100
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 66. Movimiento de tierras	101
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 67. Detalle de cimentación	102
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 68. Edificación no solidaria con el terreno.....	102
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 69. Esperas en cimentación para acoplamiento posterior del módulo	102
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 70. Sistema desmontable atornillado	102
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	
Ilustración 71. Sistema de ganchos para su colocación mediante grúa	102
<i>Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta diciembre de 2013)</i>	

Ilustración 72. Emplazamiento..... 103

Fuente: [https://maps.google.es/maps?q=h+arquitectes&ie=UTF-](https://maps.google.es/maps?q=h+arquitectes&ie=UTF-8&ei=5lfMUvu0PKnx4QSDkoG4Cw&sqi=2&ved=0CAgQ_AUoAg)

8&ei=5lfMUvu0PKnx4QSDkoG4Cw&sqi=2&ved=0CAgQ_AUoAg [en línea]. (Consulta enero de 2014)

Ilustración 73. Cubierta ajardinada tipo 119

Detalle tipo realizado por la autora

Ilustración 74. Imágenes de materiales empleados 126

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 75. División interior de policarbonato celular de 20 mm de espesor para permitir el paso de luz natural a través del dormitorio al pasillo interior. Foto izq.: interior del dormitorio; Foto central: pasillo interior de la vivienda; Foto dcha.: retroiluminación del tabique. 126

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 76. Imágenes de materiales empleados Puerta de WC con tablero termoendurecible de resina fenólica sin tapajuntas con pestillo interior. El tapajuntas es sustituido por una hendidura de separación entre el marco y el tabique de cartón yeso. 127

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 77. Mampara de ducha..... 127

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 78. Detalle sujeción mampara ducha mediante perfil U. De izquierda a derecha, sujeción superior, lateral e inferior. 128

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 79. Imágenes materiales empleados..... 128

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 80. Armarios de cocina de tablero contrachapado de colas fenólicas de madera de Okumen con bisagra atornillada. 129

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 81. Falso techo customizado de placas de cartón-yeso sin encintar acabado con pintura acrílica.....	129
--	------------

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 82. Imágenes superiores: Customización de las cortinas. Imágenes inferiores: detalle de sujeción de las mismas.	130
---	------------

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

Ilustración 83. Customización de la barandilla de la escalera de acceso a la buhardilla.....	130
---	------------

Reforma low cost en vivienda rural. Imágenes de la autora

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1. Tipos de cubiertas ajardinadas	43
---	-----------

Fuente: <http://www.zinco-cubiertas-ecol> [en línea]. (Consulta: Octubre de 2013)

Cuadro 2. Actuación Compact Habit en Apartamentos ETSAV.....	89
---	-----------

Fuente: propuesto por la autora

Cuadro 3. Cuadro de superficies construidas	109
--	------------

Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta Octubre de 2013)

Cuadro 4. Cuadro de superficies útiles	109
---	------------

Fuente: www.oboxhousing.com [en línea]. (Consulta Octubre de 2013)

Cuadro 5. Actuación Obox en su fábrica de módulos de hormigón armado en Illescas (Toledo)	113
--	------------

Fuente: propuesto por la autora

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	27
------------------------	-----------

Fuente: <http://mas.farodevigo.es/canales/graficos/888/las-cifras-de-mercadona.html> [en línea]. (Consulta Agosto de 2013)

TABLA DE ESQUEMAS

Esquema 1. Factores sociales del actual modelo de construcción	38
---	-----------

Propuesto por la autora

Esquema 2. Capítulos susceptibles de ser modificados, sustituidos y/o eliminados para aplicar modelos de construcción low cost en edificación	40
--	-----------

Propuesto por la autora

Esquema 3. Innovación del Sistema	60
--	-----------

Propuesto por la autora. Fuente:www.compacthabit.com [en línea]. (Consulta: Octubre 2013)

Esquema 4 Funcionamiento de la cubierta invernadero en el patio interior para las estaciones de verano e invierno.....	81
---	-----------

Fuente: www.harquitectes.com/ Xavier Ros Majó [en línea]. (Consulta noviembre de 2013)

Esquema 5. Resultados de la aplicación del concepto low cost en edificación	133
--	------------

Propuesto por la autora

TABLA DE PROPUESTA DE ACTUACIÓN

Todo el contenido de esta tabla ha sido realizado por la autora

Propuesta de actuación 1. Estructura porticada	117
---	------------

Propuesta de actuación 2. Cerramiento de fachada con paneles prefabricados de hormigón arquitectónico.....	118
---	------------

Propuesta de actuación 3. Cerramiento de fachada de 4 bloques de viviendas con la modulación de paneles prefabricados propuestos.....	119
--	------------

Propuesta de actuación 4. Cubierta invertida no transitable tipo	120
Propuesta de actuación 5. Vivienda “semi-acabada” tipo 2	121
Propuesta de actuación 6. Opción “semi-acabada” tipo 1	122
Propuesta de actuación 7. Vivienda totalmente acabada	123
Propuesta de actuación 8. Tipos de carpinterías exterior e interior	124
Propuesta de actuación 9. Falso techo para albergar las instalaciones procedentes	125

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Doc. 01 Otras condiciones de diseño	152
Anexo 2. Doc. 02 Más información sobre el módulo	153
Anexo 3. Doc. 03 Cimentación sobre el terreno	154
Anexo 4. Doc. 04 Estructuras cimentadas convencionalmente	154
Anexo 5. Doc. 05	155
Anexo 6. Planta	157
Anexo 7.- Sección Longitudinal SL1	158
Anexo 8. Sección Longitudinal SL2	159
Anexo 9. Sección Transversal ST1	160
Anexo 10. Sección Transversal ST2	160
Anexo 11. Sección Transversal ST3	160
Anexo 12. Alzado Pasillo transitable (Interior)	161
Anexo 13. Alzado Exterior	161
Anexo 14. Superior: Fachada patio.- Conexión módulos PB y P1 Inferior: Sección planta	162
Anexo 15. Detalle D01	163
Anexo 16. Detalle D02	163

Anexo 17. Detalle D03.....	163
Anexo 18. Detalle D04.....	164
Anexo 19. Sección Vertical Fachada patio. Detalle Conexión de módulos P1 y P2....	164
Anexo 20. Detalle D05.....	165
Anexo 21. Detalle D06.....	165
Anexo 22. Sección Vertical Fachada Exterior	165
Anexo 23. Detalle D07.....	165
Anexo 24. Detalle cimentación no solidaria con el terreno	166
Anexo 25. Planta. Posicionamiento en parcela y cumplimiento de normativa vigente	167
Anexo 26. Sección Transversal. Esquema de altura de la edificación.....	168
Anexo 27. Cuadro de superficies útiles	168
Anexo 28. Cuadro de superficies construidas.....	168
Anexo 29. Estructura porticada de hormigón armado	169
Anexo 30. Paneles prefabricados de hormigón arquitectónico modulados a ejes de pilares.....	170
Anexo 31. Detalle Cubierta AjardinadaTipo	171
Anexo 32. Detalle Cubierta Invertida No Transitable Tipo	171
Anexo 33. Planta Distribución de Viviendas tipo Loft.....	172
Anexo 34. Vivienda Propuesta “Semi-Acabada” tipo 2.....	172
Anexo 35. Planta distribución de viviendas con divisiones interiores	173
Anexo 36. Vivienda propuesta “Semi-Acabada” tipo 1 / Vivienda propuesta totalmente acabada	173
Anexo 37. Carpinterías Tipo. Exterior e Interior	174
Anexo 38. Esquema de falso techo para albergar las instalaciones procedentes.....	175

